

**РУП «НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР НАЦИОНАЛЬНОЙ  
АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ ПО КАРТОФЕЛЕВОДСТВУ  
И ПЛОДООВОЩЕВОДСТВУ»**



## **КАРТОФЕЛЕВОДСТВО**

**Сборник научных трудов**

**Том 28**

**RUE «RESEARCH AND PRACTICAL CENTER OF NATIONAL  
ACADEMY OF SCIENCES OF BELARUS FOR POTATO,  
FRUIT AND VEGETABLE GROWING»**

## **POTATO-GROWING**

**Proceedings**

**Volume 28**

**Минск 2020**

УДК 635.21

**Картофелеводство:** сб. науч. тр. / РУП «Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»; редкол.: В. Л. Маханько (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2020. – Т. 28. – 173 с.

Издание основано в 1970 г.

**Главный редактор** В. Л. Маханько  
**Зам. главного редактора** Г. И. Пискун  
**Ответственный секретарь** Л. М. Стрелецкая

**Редакционная коллегия:** В. Л. Маханько, Г. И. Пискун, С. И. Гриб, Л. В. Сорочинский, З. А. Козловская, А. П. Ермишин, А. В. Кильчевский, В. А. Козлов, Л. Н. Козлова, И. А. Михалькович, О. Б. Незаконова, Н. В. Русецкий, Д. Д. Фицура, А. В. Чашинский, И. И. Бусько, И. А. Родькина, Е. В. Радкович, В. В. Азаренко, З. В. Ловкис

**Editor-in-chief** V. L. Mahanko  
**Deputy editor-in-chief** G. I. Piskun  
**Responsible secretary** L. M. Streletskaia

**Editorial staff:** V. L. Mahanko, G. I. Piskun, S. I. Grib, L.V. Sorochinskiy, Z. A. Kozlovskaya, A. P. Ermishin, A. V. Kilchevskiy, V. A. Kozlov, L. N. Kozlova, I. A. Mihalkovich, O. B. Nezakonova, N. V. Rusetskiy, D. D. Fitsuro, A. V. Chashinskiy, I. I. Busko, I. A. Rodkina, E. V. Radkovich, V. V. Azarenko, Z. V. Lovkis

© Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству», 2020  
© Оформление. Республиканское научное унитарное предприятие «Институт системных исследований в АПК Национальной академии наук Беларуси», 2020

## СОДЕРЖАНИЕ

### Раздел 1. Селекция картофеля

<i>Козлова Л. Н., Незаконова О. Б., Рядинская Е. А.</i> Биохимическая характеристика новых сортов и перспективных гибридов картофеля белорусской селекции .....	5
<i>Митюшкин А. В., Журавлев А. А., Митюшкин Ал-др В., Жарова В. А., Гайзатулин А. С., Симаков Е. А., Салюков С. С., Овечкин С. В.</i> Подбор родительских пар в селекции сортов картофеля, пригодных для переработки на картофелепродукты .....	11
<i>Пискун Г. И., Козлова Л. Н., Корзан А. А.</i> Наследование цветной мякоти и содержания антиоксидантов в гибридных комбинациях картофеля, полученных с участием родительских форм с различным уровнем этих признаков .....	18
<i>Фицуро Д. Д., Маханько В. Л., Сердюков В. А., Гасило Д. С.</i> Влияние почвенной засухи в период вегетации на продуктивность сортов и гибридов картофеля .....	24

### Раздел 2. Генетика картофеля

<i>Башко Д. В., Чащинский А. В., Семанюк Т. В., Михалькович И. А.</i> Тестирование межвидовых гибридов картофеля по наличию ДНК-маркеров генов устойчивости к патогенам .....	37
<i>Гордиенко В. В., Захарчук Н. А., Коваль В. С.</i> Изучение материала первичных и вторичных межвидовых гибридов на устойчивость к фитофторозу клубней .....	45
<i>Кабачевская Е. М., Гапеева Т. А., Смирнов А. А., Мисюкевич А. Ю., Суховеева С. В., Волотовский И. Д.</i> Базальный уровень экспрессии генов ферментов метаболизма коричной кислоты в листьях растений картофеля <i>in vitro</i> сортов белорусской селекции .....	51
<i>Михалькович И. А., Яхонт Ю. В., Семанюк Т. В., Чащинский А. В., Башко Д. В., Кондратюк А. В.</i> Отбор источников устойчивости к патогенам среди диких видов <i>Solanum</i> коллекции <i>in vitro</i> с использованием молекулярных маркеров .....	57
<i>Русецкий Н. В., Козлов В. А., Чащинский А. В., Леванцевич И. В., Манцевич Л. А., Михалькович И. А.</i> Скрининг образцов коллекции диких видов <i>Solanum in vivo</i> на устойчивость к патогенам .....	64

### Раздел 3. Иммуниет и защита картофеля

<i>Бусько И. И., Назаров В. Н., Леванцевич И. В., Манцевич Л. А., Тимохова М. М.</i> Мамба, КЭ – новый инсектицид для защиты картофеля от колорадского жука .....	73
<i>Леванцевич И. В., Бусько И. И., Манцевич Л. А., Назаров В. Н., Тимохова М. М.</i> Эффективность нового препарата Багрец Плюс, КС для предпосадочной обработки клубней картофеля .....	79
<i>Леванцевич И. В., Бусько И. И., Манцевич Л. А., Назаров В. Н., Тимохова М. М.</i> Оценка селекционного материала на устойчивость к клубневым гнилям .....	85

<i>Назаров В. Н., Бусько И. И., Леванцевич И. В., Манцевич Л. А., Тимохова М. М.</i> Оценка селекционного материала картофеля по росткам и клубням на устойчивость к ризоктониозу .....	91
<i>Сердюкова Н. С., Радкович Е. В., Родькина И. А., Гуца Г. Н., Халимоненко Ю. А.</i> Применение адъювантов Фрейнда и ISA-70 в схеме иммунизации для получения высокоактивной антисыворотки к ХВК .....	97
<i>Халимоненко Ю. А., Русецкий Н. В., Радкович Е. В., Гуца Г. Н., Сердюкова Н. С.</i> Выделение изолятов вируса погрешности табака с применением комплексной диагностики .....	107
<b>Раздел 4. Технология производства и переработки картофеля</b>	
<i>Сердюков В. А., Маханько В. Л.</i> Влияние агротехнических условий выращивания (ширины междурядий 75 и 90 см) на продолжительность физиологического периода покоя клубней картофеля различных групп спелости .....	114
<i>Сердюков В. А., Маханько В. Л., Родькина И. А., Фицура Д. Д.</i> Технологическая и иммунологическая оценка пригодности партий картофеля к длительному хранению .....	124
<b>Раздел 5. Семеноводство картофеля</b>	
<i>Анципович В. В., Анципович Н. А., Козлов В. А., Попкович А. И., Маханько В. Л.</i> Эффективность некорневых подкормок, густоты и схем посадки при получении первого клубневого поколения картофеля в сооружениях защищенного грунта .....	135
<i>Анципович В. В., Анципович Н. А., Попкович А. И., Бобкова О. И., Ярошкина Т. В.</i> Влияние некорневых подкормок нано- и микроудобрениями на количественный выход клубней в первом клубневом поколении .....	146
<i>Козлов В. А., Русецкий Н. В., Чашинский А. В., Михалькович И. А.</i> Изучение распространенности и структуры популяций вирусных болезней картофеля в Минской области .....	153
<i>Попкович А. И., Козлов В. А., Анципович В. В.</i> Влияние сроков и способов удаления ботвы на накопление вирусной инфекции в процессе полевого репродуцирования семенного картофеля .....	160
<i>Федорова Ю. Н., Федорова Л. Н., Зайцева М. И.</i> Изучение влияния аспарагиновой кислоты на получение мини-клубней перспективных сортов картофеля в условиях аэропоники и в полевых условиях .....	167

## **РАЗДЕЛ 1**

### **СЕЛЕКЦИЯ КАРТОФЕЛЯ**

УДК 635.21:631.526.325

<https://doi.org/10.47612/0134-9740-2020-28-5-10>

**Л. Н. Козлова, О. Б. Незаконова, Е. А. Рядинская**

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук  
Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»,  
аг. Самохваловичи, Минский район

E-mail: l-kozlova@tut.by

### **БИОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НОВЫХ СОРТОВ И ПЕРСПЕКТИВНЫХ ГИБРИДОВ КАРТОФЕЛЯ БЕЛОРУССКОЙ СЕЛЕКЦИИ**

#### **РЕЗЮМЕ**

*Для использования в качестве столовых, пригодных для переработки на картофелепродукты, рекомендуются сорта Юлия Мастак, Карсан, Гарантия, Рубин. В качестве технического – сорт Крок. Образцы 072899-10, 77-10-2, 41-11-5, 77-10-15, 35-09-15 рекомендованы как исходные формы в селекции картофеля на качество и промышленную переработку.*

*Ключевые слова:* картофель, сорт, картофелепродукты, сухие вещества, суммарный белок, витамин С, нитраты, редуцирующие сахара.

#### **ВВЕДЕНИЕ**

Картофель как продовольственная культура широко распространен в мире благодаря своей питательной ценности. Среди растительных продуктов он стоит на втором месте после зерновых культур, так как содержит все вещества, необходимые для поддержания жизни и сохранения трудоспособности человека. За счет суточной нормы картофеля можно компенсировать 40–50 % потребности человека в калии, до 15 – в фосфоре, до 60 – в железе и меди, до 30 % – в марганце. В картофеле содержатся разнообразные витамины: С, В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>6</sub>, РР, фолиевая кислота, пектиновые вещества и органические кислоты. Белок туберин, содержащийся в картофеле, по своему составу напоминает белок женского молока и обладает наибольшей биологической ценностью из всех растительных белков, так как он содержит 8 незаменимых для человека и животных аминокислот (то есть тех, которые наш организм синтезировать не может). Аминокислоты и углеводы, находящиеся в картофеле в виде крахмала и клетчатки, хорошо усваиваются. Минеральные вещества представлены солями калия, магния, кальция, железа, фосфора, йода. Немалая роль принадлежит картофелю как поставщику инозита, препятствующему отложению холестерина. По его содержанию (до 30 мг на 100 г) вареный картофель превосходит свеклу, капусту и многие фрукты, уступая только цветной капусте и луку (до 90 мг). Картофель превосходный источник энергии, он не содержит жиров (0,12 %), является хорошим источником растительной клетчатки. По мнению врачей, его употребление может обеспечить жизнедеятельность и трудоспособность людей даже в том случае, если кроме него употреблять очень незначительное количество других продуктов [1].

В последние годы стремительно развивается целевой принцип селекции. На современном рынке «просто картофель» сейчас уже не нужен и так называемые «универсальные сорта» не пользуются спросом у потребителя. Для развивающейся индустрии переработки требуются специальные сорта с высоким содержанием сухих веществ и ограниченным содержанием редуцирующих сахаров. Выдвигаются новые требования и к качеству клубней, обусловленные технологией изготовления конкретного вида продукта и достижением его максимального выхода при минимальных затратах [2, 3]. Покупатели свежего картофеля заинтересованы в хороших столовых сортах как салатного типа, так и более рассыпчатых с привлекательной формой клубней, прозрачной тонкой кожурой, неглубокими глазками и не темнеющей после варки мякотью, с повышенным содержанием белка, витаминов и антиоксидантов. Комплекс этих показателей обуславливает популярность сортов и спрос на них на внутреннем рынке продовольственного картофеля, особенно при поставках его на реализацию в крупные торговые сети.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Материалом для исследований служили клубни сортов и гибридов картофеля питомника конкурсного испытания 2–4-го года: Юлия, 072899-10 (ранняя группа спелости), Мастак, Карсан (среднеранняя); Гарантия, 3199-1, 35-09-15 (среднеспелая); Рубин, Крок, 77-10-2, 77-10-15, 41-11-5 (среднепоздняя).

Исследования проводили в лаборатории биохимической оценки картофеля РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству» в 2017–2019 гг. Клубневой материал получен в отделе селекции картофеля данного НПЦ (Самохваловичская экологическая точка), Гродненском зональном институте растениеводства НАН Беларуси (Гродненская экологическая точка), Витебском зональном институте сельского хозяйства (Витебская экологическая точка), БГСХА (Горецкая экологическая точка), Гомельской, Минской, Могилевской, Брестской ОСХОС НАН Беларуси (Гомельская, Минская, Могилевская, Брестская экологические точки). Клубневой материал выращен на дерново-подзолистой почве различного гранулометрического состава. Метеорологические условия вегетационных периодов были достаточно контрастными по годам, что позволило выявить и достоверно установить степень влияния метеорологических факторов на исследуемые признаки.

Содержание сухого вещества определяли термостатно-весовым методом [9], сырого протеина – по Кьельдалю [9], суммарного белка – с реактивом Оранж Ж [9], витамина С – по Мурри [9], редуцирующих сахаров – с реактивом Самнера [10], нитратов – ионоселективным методом [9].

Оценка пригодности клубней для промышленной переработки на картофелепродукты проводилась согласно Методическим рекомендациям по специализированной оценке сортов картофеля [11].

Экспериментальные данные обработаны на ПЭВМ с использованием ряда пакетов специализированных прикладных программ (AB-Stat V – 1, 1, Microsoft Excel) [4–7].

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Изучен биохимический состав 6 новых сортов картофеля. Установлена значительная вариабельность его показателей в зависимости от сорта, погодных условий, гранулометрического состава почвы (табл.).

РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ КАРТОФЕЛЯ

Таблица – Биохимический состав сортообразцов картофеля

Образец	Сухое вещество, %	Сырой протеин, %	Суммарный белок, %	Витамин С, мг%	Редуцирующие сахара, %	Нитраты, мг/кг
Юлия						
lim	18,0–24,1	2,16–3,91	0,75–1,24	15,1–24,2	0,19–0,87	26,6–299,5
$\bar{x}$	20,4	2,92	1,04	20,0	0,46	138,7
Мастак						
lim	15,7–26,3	2,13–3,75	0,88–1,18	12,7–20,7	0,09–0,78	57,9–119,2
$\bar{x}$	21,9	2,94	1,04	15,0	0,37	88,6
Карсан						
lim	19,8–24,0	1,35–3,32	0,95–1,16	20,2–33,0	0,17–0,69	15,5–221,9
$\bar{x}$	21,1	2,62	1,06	24,4	0,44	133,9
Гарантия						
lim	18,7–26,3	2,16–3,69	0,81–1,14	7,2–25,8	0,21–1,50	14,6–299,5
$\bar{x}$	21,8	2,65	0,99	16,9	0,55	120,6
Рубин						
lim	22,2–28,5	1,34–3,30	0,95–1,18	18,5–38,4	0,16–0,79	23,0–299,5
$\bar{x}$	23,8	2,38	1,05	21,0	0,38	138,1
Крок						
lim	21,8–30,8	1,41–3,20	0,90–1,24	17,6–30,9	0,14–0,89	23,9–377,0
$\bar{x}$	26,6	2,75	1,07	22,8	0,34	156,3
3199-1						
lim	20,0–25,2	2,23–4,13	0,71–1,29	9,3–23,6	0,11–0,68	23,0–350,4
$\bar{x}$	21,8	2,82	1,01	14,9	0,33	175,2
35-09-15						
lim	25,3–29,2	2,36–3,92	1,04–1,44	8,5–25,8	0,10–0,61	22,2–113,9
$\bar{x}$	27,2	3,08	1,09	18,2	0,26	48,8
77-10-2						
lim	20,3–27,6	2,29–3,82	0,86–1,34	9,0–24,9	0,09–0,64	15,1–180,3
$\bar{x}$	24,9	2,82	1,07	18,2	0,28	73,7
77-10-15						
lim	24,1–29,3	2,22–3,74	0,75–1,34	9,5–24,7	0,08–0,52	8,4–153,7
$\bar{x}$	26,6	2,92	1,04	16,4	0,20	60,6
072899-10						
lim	16,4–26,1	2,28–3,41	0,78–1,15	9,1–23,9	0,10–1,36	21,3–279,5
$\bar{x}$	21,6	2,81	0,95	17,7	0,58	97,6
41-11-5						
lim	22,6–31,2	2,04–3,34	0,80–1,32	9,6–29,9	0,12–0,82	21,7–136,8
$\bar{x}$	27,0	2,61	1,06	20,6	0,33	60,7

Примечание. lim – пределы варьирования показателя;  $\bar{x}$  – среднее значение показателя.

Таким образом, сорт картофеля Юлия превосходит сорт-стандарт ранней группы спелости Лилея по содержанию сырого протеина и суммарного белка, витамина С, меньше накапливает редуцирующих сахаров. Пригоден для переработки:

– на хрустящий картофель на протяжении всего периода хранения в Гомельской экологической точке;

– для вакуумирования в послеуборочный период.

Сорт картофеля Мастак превосходит сорт-стандарт среднеранней группы спелости МанIFEST по содержанию сухих веществ, суммарного белка, меньше накапливает нитратов. Пригоден для переработки на сухое картофельное пюре на протяжении

## РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ КАРТОФЕЛЯ

всего периода хранения в Гродненской, Гомельской, Горецкой, Витебской, Минской почвенно-климатических зонах Республики Беларусь.

Сорт картофеля Карсан превосходит сорт-стандарт среднеранней группы спелости Манifest по содержанию сухого вещества, сырого протеина и суммарного белка, меньше накапливает нитратов. Пригоден для переработки:

- на хрустящий картофель в послеуборочный период в Гомельской экологической точке и на протяжении всего периода хранения в Брестской;

- на гарнирный картофель на протяжении всего периода хранения в Гродненской, Гомельской, Горецкой, Брестской точках;

- для вакуумирования в послеуборочный период.

Сорт картофеля Гарантия превосходит сорт-стандарт среднеспелой группы спелости Скарб по содержанию суммарного белка, меньше накапливает нитратов. Пригоден для переработки:

- на картофель фри и гарнирный картофель на протяжении всего периода хранения в Горецкой экологической точке;

- на сухое картофельное пюре с учетом агроклиматической зоны выращивания и времени переработки;

- для вакуумирования в послеуборочный период.

Сорт картофеля Рубин превосходит сорт-стандарт среднепоздней группы спелости Рагнеда по содержанию сухих веществ, сырого протеина и суммарного белка, витамина С. Пригоден для переработки:

- на хрустящий картофель в послеуборочный период в Гомельской и на протяжении всего периода хранения в Могилевской экологической точке;

- на гарнирный картофель на протяжении всего периода хранения в Могилевской и Брестской точках;

- на сухое картофельное пюре с учетом агроклиматической зоны выращивания и времени переработки;

- для вакуумирования в послеуборочный период и на протяжении трех месяцев хранения.

Сорт картофеля Крок превосходит сорт-стандарт среднепоздней группы спелости Рагнеда по содержанию сухих веществ, сырого протеина и суммарного белка, витамина С. Образец отличается очень высоким содержанием сухих веществ (на уровне сорта Здабытак). Пригоден для переработки:

- на хрустящий картофель в послеуборочный период в Гомельской и на протяжении всего периода хранения в Самохваловичской, Могилевской, Брестской экологических точках;

- на гарнирный картофель в послеуборочный период в Гомельской точке;

- на сухое картофельное пюре на протяжении всего периода хранения Самохваловичской, Гродненской, Минской, Могилевской, Гомельской, Брестской экологических точек;

- для вакуумирования в послеуборочный период.

Гибриды 3199-1, 35-09-15, 77-10-2, 77-10-15, 072899-10, 41-11-5 испытывались в питомнике экологического испытания на протяжении двух лет. По комплексу биохимических показателей выделен гибрид 35-09-15. Он отличается высоким содержанием сухих и азотистых веществ, витамина С, не накапливает избыточных количеств редуцирующих сахаров и нитратов. Обращает на себя внимание гибрид 77-10-15 с высоким содержанием сухих веществ, низким – редуцирующих сахаров и нитратов. Образец 41-11-5 отличается высоким содержанием сухих веществ и витамина С.



Оценка образцов на пригодность к промышленной переработке на картофелепродукты показала, что гибриды 77-10-2, 77-10-15 пригодны для промышленной переработки на хрустящий картофель, сухое картофельное пюре на всей территории Республики Беларусь на протяжении всего периода хранения. Для переработки на гарнирный картофель и фри пригодны с учетом места выращивания. Эти же гибриды пригодны для вакуумирования.

Гибрид 35-09-15 пригоден для производства хрустящего картофеля на всей территории Республики Беларусь на протяжении всего периода хранения, сухого картофельного пюре – с учетом места выращивания.

Гибрид 072899-10 пригоден для производства сухого картофельного пюре на протяжении всего периода хранения с учетом места выращивания.

Образец 41-11-5 пригоден для производства хрустящего картофеля, картофеля фри и гарнирного картофеля, сухого картофельного пюре с учетом места выращивания и времени переработки.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании проведенных исследований даны рекомендации по направлениям использования 6 новых сортов картофеля.

Сорт Юлия рекомендуется как столовый, пригодный к переработке на хрустящий картофель в Гомельской экологической точке и для вакуумирования.

Сорт Мастак рекомендуется как столовый, пригодный для переработки на сухое картофельное пюре.

Сорт Карсан рекомендуется как столовый, пригодный к переработке на хрустящий, гарнирный картофель (с учетом места выращивания и времени переработки) и для вакуумирования.

Сорт Гарантия рекомендуется как столовый, пригодный к переработке на картофель фри и гарнирный картофель в Горецкой экологической точке; на сухое картофельное пюре с учетом агроклиматической зоны выращивания и времени переработки; для вакуумирования.

Сорт Рубин рекомендуется как столовый, пригодный к переработке на хрустящий, гарнирный картофель, сухое картофельное пюре с учетом места выращивания и времени переработки и для вакуумирования.

Сорт Крок рекомендуется как технический, пригодный для переработки на хрустящий, гарнирный картофель, сухое картофельное пюре с учетом места выращивания и времени переработки и для вакуумирования.

Сорт Водар рекомендуется как столовый, пригодный к переработке на картофель фри, гарнирный картофель, сухое картофельное пюре с учетом агроклиматической зоны выращивания и для вакуумирования.

## Список литературы

1. Киру, С. Д. Генетические ресурсы картофеля для новых направлений селекции / С. Д. Киру // Картофелеводство: результаты исследований, инновации, практический опыт : материалы науч.-практ. конф. и координ. совещания «Научное обеспечение и инновационное развитие картофелеводства» / под ред. Е. А. Симакова. – М. : ВНИИКХ им. А. Г. Лорха, 2008. – Т. 1. – С. 49–56.

2. Качество и безопасность пищевых продуктов : учеб. пособие / З. В. Ловкис [и др.]. – Минск : ИВЦ Минфина, 2010. – 398 с.

3. Качество картофеля и картофелепродуктов / под ред. А. В. Коршунова. – М. : ВНИИКХ, 2001. – 253 с.
4. Методические указания по технологии селекционного процесса картофеля. – М. : НИИКХ РСФСР, 1978. – 19 с.
5. Методические указания по технологии селекционного процесса картофеля / Е. А. Симаков [и др.] ; Рос. акад. с.-х. наук, Всерос. НИИ картоф. хоз-ва им. А. Г. Лорха. – М. : ВНИИКХ, 2006. – 68 с.
6. Методические указания по технологии селекционного процесса картофеля / под ред. Е. А. Симакова, Н. П. Склярской, И. М. Яшиной. – М., 2006. – 37 с.
7. Рокицкий, П. Ф. Биологическая статистика / П. Ф. Рокицкий. – Минск : Выш. шк., 1973. – С. 246–248.
8. Методика исследований по культуре картофеля / редкол.: Н. А. Андрюшина [и др.] ; Отд. растениеводства и селекции Всесоюз. акад. с.-х. наук им. В. И. Ленина, НИИ картоф. хоз-ва. – М., 1987. – 225 с.
9. Практикум по агрохимии / Б. А. Ягодин [и др.] ; под ред. Б. А. Ягодина. – М. : Агропромиздат, 1987. – 512 с.
10. Luchhisinger, W. W. Reducing power by the dinitrosallycyl acid method / W. W. Luchhisinger, B. A. Corneski // Anal. Bbiochem. – 1962. – № 4. – 346 p.
11. Методические рекомендации по специализированной оценке сортов картофеля / С. А. Банадыев [и др.]. – Минск, 2003. – 70 с.

Поступила в редакцию 26.11.2020 г.

L. N. KOZLOVA, O. B. NEZAKONOVA, E. A. RYADINSKAYA

**BIOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF NEW VARIETIES AND  
PERSPECTIVE POTATOES HYBRIDES OF BELARUSIAN  
BREEDING**

**SUMMARY**

*For use as garden suitable for processing potatoes products, the varieties Yuliya, Mastak, Karsan, Garantiya, Rubin are recommended. Krok variety is as technical one. Samples 072899-10, 77-10-2, 41-11-5, 77-10-15 35-09-15 are recommended as initial forms in potatoes breeding for quality and industrial processing.*

*Key words:* potatoes, variety, potatoes products, solids, total protein, vitamin C, nitrates, reducing sugars.

УДК 633.49:631.527

<https://doi.org/10.47612/0134-9740-2020-28-11-17>

**А. В. Митюшкин, А. А. Журавлев, Ал-др В. Митюшкин,  
В. А. Жарова, А. С. Гайзатулин, Е. А. Симаков, С. С. Салюков,  
С. В. Овечкин**

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский центр картофеля имени А. Г. Лорха», пос. Красково, Люберецкий район, Московская область, Россия

E-mail: vniikh@mail.ru

## ПОДБОР РОДИТЕЛЬСКИХ ПАР В СЕЛЕКЦИИ СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ, ПРИГОДНЫХ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ НА КАРТОФЕЛЕПРОДУКТЫ

### РЕЗЮМЕ

*Представлены результаты оценки сортообразцов картофеля, потенциально пригодных к переработке на картофелепродукты по комплексу хозяйственно полезных признаков, и выделены родительские формы для включения в различные комбинации скрещивания. Проведена оценка гибридных популяций от скрещивания родительских форм с различной степенью пригодности к переработке на основе анализа признаков. Установлено, что эффективность отбора пригодных гибридов, не требующих рекомбинирования, зависит от генотипа родительских форм и направления использования их в качестве компонентов скрещивания.*

*Ключевые слова:* картофель, селекция, гибридные популяции, пригодность к переработке, цвет хрустящих ломтиков, редуцирующие сахара.

### ВВЕДЕНИЕ

Современная мировая практика картофелеводства свидетельствует о том, что переработка картофеля на продукты питания не только существенно сокращает транспортные перевозки и потери при хранении, но и полнее использует пищевую ценность картофеля [1–3]. Однако до настоящего времени перерабатывающие предприятия России из-за недостатка качественного сырья, отвечающего требованиям переработки, часто вынуждены использовать картофель удовлетворительного качества, что обуславливает острую необходимость интенсивного развития селекции специальных сортов. Между тем пригодность к переработке на картофелепродукты является сложным и многомерным признаком, включающим ряд компонентов, определяющих качество готового продукта (цвет, запах, консистенция, вкус) и обусловленных уровнем содержания крахмала, сухого вещества, редуцирующих сахаров, жиров, аминокислот и некоторых летучих соединений [4, 5]. При этом фенотипическое проявление этого комплекса генетически контролируемых признаков в сильной степени зависит от изменяющихся условий внешней среды: температуры, влагообеспеченности, солнечной инсоляции, длины фотопериода и других факторов [6, 7]. Исходя из этого, целью исследования является привлечение сортообразцов различного генетического происхождения

в качестве компонентов в целенаправленных скрещиваниях для получения широкого спектра гибридных популяций, способствующих увеличению вероятности отбора генотипов, сочетающих комплекс признаков пригодности к переработке на картофелепродукты.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

В качестве исходного материала использовали 26 сортов отечественной и зарубежной селекции, потенциально пригодных для приготовления картофелепродуктов высокого качества. Подбор сортообразцов осуществляли в соответствии с данными оригинаторов и сравнительного испытания в условиях оптимального фона минерального питания ( $N_{90} P_{120} K_{160}$ ) на супесчаной почве экспериментальной базы «Пышлицы» Шатурского района Московской области. В период вегетации и в процессе уборки сортообразцы оценивали по основным хозяйственно полезным признакам: урожайности и товарности клубней, содержанию сухого вещества и редуцирующих сахаров, качеству хрустящего картофеля в соответствии с существующими методиками [8].

По результатам оценки комплекса хозяйственно полезных признаков сортообразцов выделяли различные по степени пригодности к переработке родительские формы для проведения прямых и обратных скрещиваний и получения гибридного потомства. В процессе выращивания гибридов 1-го клубневого поколения проводили оценку генотипов среди 10 комбинаций по содержанию редуцирующих сахаров и цвету ломтиков хрустящего картофеля. Для анализа в каждой гибридной популяции отбирали по 80–100 генотипов попусту без браковки. Оценка гибридов по окраске ломтиков хрустящего картофеля проводили в период зимнего хранения при температуре  $+3...+4$  °С без рекондиционирования по 9-балльной шкале. Содержание редуцирующих сахаров определяли экспресс-методом, основанном на использовании тест-полосок Глюкоурихром ДвБП-М.

Статистическую обработку полученных данных проводили с помощью программ Microsoft Excel и Statistica.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Сравнительный анализ урожайности, являющейся одним из важнейших показателей сортообразцов картофеля, используемых в качестве родительских форм в межсортных скрещиваниях, и в значительной степени обуславливающей их востребованность в качестве сырья для переработки, показал, что средняя урожайность родительских форм варьировала в пределах от 826 г/куст (сорт ВР 808) до 1275 г/куст (сорт Вымпел), или 37,2 и 57,4 т/га соответственно (табл. 1).

В связи с тем, что вегетационные периоды 2018–2019 гг. значительно различались по температурно-влажностному режиму, из 26 сортообразцов только 12 (46,2 %) показали повышенную ( $>900$  г/куст, или 40 т/га) и 8 (30,8 %) из них – повышенную ( $>1000$  г/куст, или 45 т/га). Установлена также широкая вариабельность показателя количества товарных клубней среди изучаемых сортообразцов: от 6,7 до 8,1 шт/куст у сортов Колорит, ВР 808, Сатурна, Леди Розетта, Блакит, Рамос, Ред Леди, Ньютон. Количество товарных клубней варьировало от 8,2 до 9,9 шт/куст у сортов Накра, Примадонна, Гусяр, Кураж, Пикколо Стар, Леди Клер, Гермес, Бонус, Европрима, Сантана, Брук, Альвара, Инноватор, до 10,5–12,4 шт/куст у сортов Фонтане, Фрителла, Астерикс, Фаворит и Вымпел. При этом оптимальное сочетание урожайности и товарности отмечено лишь у некоторых сортов: Альвара, Астерикс, Бонус, Гермес, Примадонна, Рамос, Фаворит, Фонтане.

РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ КАРТОФЕЛЯ

Таблица 1 – Характеристика родительских форм картофеля по комплексу хозяйственно полезных признаков, 2015–2016 гг.

Сорт	Урожайность, г/куст	Количество товарных клубней, >75 мм	Содержание сухого вещества, %		Содержание редуцирующих сахаров, %		Качество хрустящих ломтиков, балл*
			через месяц после уборки	через 3 месяца хранения	через месяц после уборки	через 3 месяца хранения	
Альвара	1 011	9,9	21,1	20,8	0,15	0,46	8,0
Астерикс	900	11,3	23,1	21,4	0,18	0,35	8,6
Блакит	988	7,7	22,0	21,4	0,22	0,41	8,2
Бонус	960	9,1	21,2	20,4	0,24	0,39	8,0
Брук	866	9,6	26,8	26,6	0,21	0,33	9,0
ВР 808	826	6,8	27,3	27,0	0,12	0,30	9,0
Вымпел	1 275	12,4	20,5	20,1	0,18	0,37	6,2
Гермес	951	8,9	25,8	24,1	0,32	0,44	9,0
Гусяр	888	8,3	23,8	23,1	0,29	0,51	8,0
Европрима	1 106	9,1	26,2	25,1	0,26	0,48	8,4
Инноватор	1 120	9,8	26,3	25,0	0,18	0,35	9,0
Колорит	884	6,7	23,1	22,1	0,17	0,41	8,0
Кондор	878	7,7	21,8	19,4	0,24	0,40	8,2
Кураж	960	8,6	22,8	22,3	0,15	0,38	6,8
Леди Клер	975	8,9	21,2	21,0	0,12	0,29	8,0
Леди Розетта	994	7,5	22,0	21,8	0,21	0,40	9,0
Накра	960	8,2	27,5	26,9	0,27	0,39	9,0
Ньютон	853	8,1	24,6	24,2	0,14	0,41	8,5
Пикколо Стар	1 050	8,7	27,8	26,9	0,24	0,42	9,0
Примадонна	1 005	8,2	25,8	24,1	0,32	0,50	8,6
Рамос	927	7,8	22,7	22,1	0,20	0,53	9,0
Ред Леди	920	7,9	26,8	26,5	0,25	0,36	8,8
Сантана	1 040	9,8	24,1	23,8	0,15	0,44	9,0
Сатурна	845	7,1	23,1	22,9	0,14	0,40	7,0
Фаворит	1 010	11,4	21,6	21,1	0,25	0,39	6,5
Фонтане	968	10,5	23,8	22,8	0,32	0,56	8,4
Фрителла	921	11,2	26,4	25,5	0,17	0,39	9,0
НСР <sub>0,5</sub>	104	1,6	–	–	–	–	–

\* Через 3 месяца хранения сортообразцов.

Послеуборочный анализ содержания сухого вещества в клубнях изученных сортообразцов свидетельствует о различном уровне проявления данного признака, что предполагает высокую степень его варьирования в гибридном потомстве. Так, среднее содержание сухого вещества в клубнях сортообразцов через месяц после уборки в годы испытания изменялось от 20,5 % (сорт Вымпел) до 27,8 % (сорт Пикколо Стар), а высокий уровень проявления признака отмечался у половины сортообразцов. Оценка содержания сухого вещества после 3-х месяцев хранения сортообразцов в картофелехранилище с системой «климат-контроль» при температуре +3...+4 °С указывает на незначительное изменение признака с учетом сортовых особенностей.

Важно отметить, что низкое содержание редуцирующих сахаров в клубнях после уборки наблюдалось у большинства сортообразцов, рекомендуемых в качестве пригодных для переработки: Альвара (0,15 %), Астерикс (0,18), Брук (0,21), ВР 808 (0,12),

РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ КАРТОФЕЛЯ

Вымпел (0,18), Инноватор (0,18), Колорит (0,17), Кураж (0,15), Леди Клер (0,12), Ньютон (0,14), Сантана (0,15), Сатурна (0,14), Фрителла (0,14 %). Более того, через 3 месяца хранения клубней при температуре +3...+4 °С у большинства данных сортообразцов происходило незначительное увеличение содержания редуцирующих сахаров в клубнях, которое снижалось до минимальных пределов при рекондиционировании.

Оценка сортообразцов по цвету хрустящих ломтиков картофеля показала, что высокопригодными (9,0 балла) являются Брук, ВР 808, Гермес, Инноватор, Накра, Пикколо Стар, Рамос, Сантана, Фрителла; пригодными (8,0–8,8 балла) – Альвара, Астерикс, Блакит, Бонус, Гусяр, Европрима, Колорит, Леди Клер, Ньютон, Примадонна, Ред Леди, Фонтане; среднепригодными (6,5–7,0 балла) – Вымпел, Кураж, Леди Розетта, Сатурна, Фаворит. Эти сортообразцы, являющиеся потенциальными источниками ценных генов, ответственных за низкое содержание редуцирующих сахаров, широко использовали в качестве компонентов в прямых и обратных типах скрещиваний: высокопригодный × высокопригодный, высокопригодный × пригодный, высокопригодный × среднепригодный, пригодный × высокопригодный, пригодный × пригодный, пригодный × среднепригодный и среднепригодный × пригодный.

Анализ 1-го клубневого поколения гибридных популяций от скрещивания родительских форм с различной степенью пригодности к переработке свидетельствует о различном характере расщепления гибридов по признаку цвета ломтиков хрустящего картофеля и содержанию редуцирующих сахаров в клубнях. Как правило, в послеуборочный период высокопригодные для переработки гибриды с цветом хрустящих ломтиков 8–9 баллов выделялись во всех популяциях независимо от типа скрещиваний (табл. 2). Однако наибольшее число таких гибридов (до 60 %) отмечалось в популяциях от скрещивания высокопригодных сортов. В популяциях от скрещивания пригодных сортов с высокопригодными количество пригодных форм достигало 45 % и практически не зависело от направления использования компонентов скрещивания.

Среди популяций, у которых в качестве второго компонента скрещивания использовали среднепригодные сорта, наибольшее количество пригодных гибридов составило 30 %, а в прямых и обратных скрещиваниях среднепригодных сортов с пригодными сортами их количество не превышало 25 %. Аналогичная зависимость отмечалась

Таблица 2 – Распределение гибридов 1-го клубневого поколения по цвету ломтиков хрустящего картофеля и содержанию редуцирующих сахаров в клубнях, 2018 г.

Происхождение гибридных популяций	Тип скрещивания *	Доля гибридов с цветом хрустящих ломтиков, %			Доля гибридов с содержанием редуцирующих сахаров, %		
		8–9 баллов	6–7 баллов	1–5 баллов	<0,30 %	0,31–0,50 %	>0,51 %
Бонус×Леди Клер	П×П	20,7	49,8	29,5	48,8	38,7	12,5
Брук×Сатурна	ВП×СП	29,1	58,7	12,2	68,7	18,3	13,0
ВР 808×Вымпел	ВП×СП	30,7	32,4	36,9	69,3	17,4	13,3
Леди Розетта×Европрима	СП×П	24,5	60,7	14,8	70,1	15,2	14,7
Ньютон×Вымпел	П×СП	29,7	54,8	15,5	57,1	28,2	14,7
Пикколо Стар×Инноватор	ВП×ВП	61,4	28,9	9,7	82,3	10,4	7,3
Примадонна×Сантана	П×ВП	45,6	48,7	5,7	88,1	8,8	3,1
Рамос×Инноватор	ВП×ВП	58,7	34,9	6,4	80,7	10,4	8,9
Ред Леди×Сантана	П×ВП	47,2	48,2	4,6	89,3	9,0	1,7
Фонтане×ВР 808	П×ВП	48,4	45,6	6,0	90,1	2,8	7,1

\* ВП – высокопригодный, СП – среднепригодный, П – пригодный.

## РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ КАРТОФЕЛЯ

и в отношении содержания редуцирующих сахаров. В частности, лучшие результаты также были в популяциях с высокопригодными сортами. Количество гибридов с низким содержанием редуцирующих сахаров (до 0,30 %) в популяциях с их участием в качестве опылителей достигало 80–90 %. Причем в популяциях с высокопригодными материнскими формами количество таких гибридов составляло 80 %, а с пригодными значительно больше – 90 %. При скрещивании пригодных родительских форм доля гибридов с низким содержанием редуцирующих сахаров не превышала 45 %.

Следует отметить, что при сравнении результатов отбора среди популяций пригодных для переработки гибридов по двум основополагающим признакам установлено, что пригодных по цвету ломтиков хрустящего картофеля гибридов выявлялось значительно меньше, чем с низким содержанием редуцирующих сахаров.

Одновременный анализ гибридов по цвету ломтиков хрустящего картофеля и содержанию редуцирующих сахаров показал, что среди высокопригодных и пригодных гибридов с цветом ломтиков 8–9 баллов содержание редуцирующих сахаров в послеуборочный период изменялось от 0,05 до 0,32 %, среднепригодных (6–7 баллов) – от 0,15 до 0,57 % и непригодных (1–5 баллов) – от 0,09 до 1,20 % (табл. 3).

После 3 месяцев холодного хранения предел варибельности признака «содержание редуцирующих сахаров» у высокопригодных и пригодных генотипов отличался незначительно и составлял 0,08–0,36 %, в то время как у среднепригодных возрастал до 0,19–1,22 %, а у пригодных – до 0,21–1,36 %. При этом необходимо подчеркнуть, что соотношение гибридов с различным уровнем содержания редуцирующих сахаров в различных группах пригодности отличалось весьма существенно. Так, у высокопригодных и пригодных гибридов с цветом хрустящих ломтиков 8–9 баллов в послеуборочный период количество редуцирующих сахаров не превышало 0,12 %, в то время как в других группах пригодности выделялись генотипы с различным уровнем содержания редуцирующих сахаров. Среди среднепригодных гибридов с цветом хрустящих ломтиков 7–6 баллов отмечали формы с содержанием редуцирующих сахаров 0,15–0,20 %. В группе непригодных гибридов у большинства генотипов увеличивалось содержание редуцирующих сахаров до уровня 0,45 % и более.

Через 3 месяца хранения в холодильной камере содержание редуцирующих сахаров в клубнях гибридов также значительно возрастало, поэтому не отмечено генотипов с цветом хрустящих ломтиков на уровне 9 баллов. В то же время у гибридов с цветом хрустящих ломтиков на уровне 8 баллов содержание редуцирующих сахаров не превышало 0,11 %. Доля генотипов с содержанием редуцирующих сахаров

Таблица 3 – Результаты оценки гибридов 1-го клубневого поколения по цвету ломтиков хрустящего картофеля и содержанию редуцирующих сахаров в клубнях, 2018 г.

Цвет хрустящих ломтиков, балл	Оценено гибридов, шт.	Количество гибридов с содержанием редуцирующих сахаров, шт.			Предел варибельности признака (min–max), %
		< 0,30 %	0,31–0,50 %	> 0,51 %	
Послеуборочный период					
8–9	131	131	0	0	0,05–0,32
6–7	156	122	29	5	0,15–0,57
1–5	98	23	38	37	0,09–1,20
3 месяца хранения в холодильной камере					
8–9	120	37	79	4	0,08–0,36
6–7	142	51	61	30	0,19–1,22
1–5	90	7	26	57	0,21–1,36

0,14–0,21 % и с цветом хрустящих ломтиков 7 баллов возрастала до 60,0 %, а в группе непригодных гибридов с содержанием редуцирующих сахаров 0,31–0,50 % увеличивалась более значительно.

При использовании рекондиционирования у изучаемых гибридов отмечали некоторое улучшение цвета ломтиков хрустящего картофеля. При этом высокие показатели ресинтеза редуцирующих сахаров среди гибридов проявляли генотипы с низкими их содержанием после холодного хранения. К примеру, цвет хрустящих ломтиков до 9 баллов после рекондиционирования восстанавливали только генотипы с содержанием редуцирующих сахаров после 3-х месяцев холодного хранения не более 0,20 % и лишь несколько из них с содержанием более 0,30 %. Более того, при сравнительной оценке содержания редуцирующих сахаров в клубнях в послеуборочный период и цвета хрустящих ломтиков после 3-х месяцев холодного хранения установлено, что цвет ломтиков на уровне 7–8 баллов после холодного хранения имели только те генотипы, которые на момент уборки содержали не более 0,10–0,15 % редуцирующих сахаров.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сравнительный анализ урожайности и товарности клубней, содержания сухого вещества и редуцирующих сахаров 26 потенциально пригодных для переработки исходных родительских форм показал, что комплексом хозяйственно полезных признаков среди высокопригодных (9 баллов) для приготовления хрустящих ломтиков картофеля характеризуются сорта Брук, ВР 808, Гермес, Инноватор, Накра, Пикколо Стар, Рамос, Сантана, Фрителла. Сорта Альвара, Астерикс, Блакит, Бонус, Гусяр, Европрима, Колорит, Леди Клер, Ньютон, Примадонна, Ред Леди, Фонтане являются пригодными (8,0–8,8 балла), а сорта Вымпел, Кураж, Леди Розетта, Сатурна, Фаворит – среднепригодными (6,5–7,0 балла). Для повышения результативности селекции в направлении пригодности к переработке необходимо использовать для гибридизации родительские формы с высокой степенью проявления данного признака, так как результативность отбора пригодных гибридов зависит как от генотипа исходных родительских пар, так и направления их использования в качестве компонентов скрещивания. Для эффективного отбора пригодных гибридов следует учитывать не только содержание редуцирующих сахаров в клубнях в послеуборочный период, но и степень его варьирования в период длительного хранения, а также реакцию гибридов на рекондиционирование.

### Список литературы

1. Росс, Х. Селекция картофеля: проблемы и перспективы / Х. Росс. – М. : Агропромиздат, 1989. – 183 с.
2. Симаков, Е. А. Переработка картофеля – стратегический путь развития картофелеводства России / Е. А. Симаков, Б. В. Анисимов, В. И. Старовойтов. – М. : ВНИИКС, 2006. – 153 с.
3. Haverkort, A. J. On the road to Potato Processing / A. J. Haverkort, C. D. Van Loon, P. Van Eijck // The Netherlands, NIVAA : Plantijn Casparie. – 2002. – 24 p.
4. Методологические аспекты селекции картофеля на пригодность к переработке / Е. А. Симаков [и др.] // Вопросы картофелеводства. Актуальные проблемы науки и практики : сб. науч. тр. ВНИИКС. – М., 2006. – С. 20–30.
5. Незаконова, Л. В. Оценка потомства по продуктивности и содержанию крахмала в селекции картофеля на пригодность к промышленной переработке / Л. В. Незаконова, А. П. Пинголь // Картофелеводство : сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр Нац. акад.



наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству : редкол. В. Г. Иванюк (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2008. – Т. 14. – С. 260–268.

6. Яшина, И. М. Генетические основы селекции картофеля на пригодность к переработке / И. М. Яшина, Н. О. Юрьева // Селекция и семеноводство. – 1992. – № 1. – С. 11–15.

7. Burton, W. G. The Potato / W. G. Burton // Third Edition. – London : Longman Group UK Limited, 1989. – 246 p.

8. Симаков, Е. А. Методические указания по технологии селекционного процесса / Е. А. Симаков, Н. П. Складорова, И. М. Яшина. – М. : ВНИИКХ, 2006. – 65 с.

Поступила в редакцию 07.12.2020 г.

A. V. MITYUSHKIN, A. A. ZHURAVLEV, AL-DR V. MITYUSHKIN,  
V. A. ZHAROVA, A. S. GAIZATULIN, E. A. SIMAKOV,  
S. S. SALYUKOV, S. V. OVECHKIN

### **SELECTION OF PARENTAL PAIRS IN THE BREEDING OF POTATOES VARIETIES SUITABLE FOR PROCESSING INTO POTATOES PRODUCTS**

#### **SUMMARY**

*The results of the evaluation of potato variety samples potentially suitable for processing into potatoes products on a complex of economically useful features are presented and parental forms for inclusion in various crossing combinations are identified. Hybrid populations by crossing parental forms with different degrees of suitability for processing into potatoes products are assessed. The frequency of genotypes occurrence among hybrids of the 1-st generation of tubers suitable for processing by the color of crispy potatoes slices and the content of reducing sugars in tubers in the dynamics of winter-spring cold storage ( $t=+3...+4^{\circ}\text{C}$ ) was analyzed. It is established that the efficiency of selection of suitable hybrids that do not require conditioning depends on the genotype of parental forms and the direction of their use as of crossing components.*

*Key words:* potatoes, breeding, hybrid populations, processing, color of crispy slices, reducing sugars.

УДК 635.21:631.526.325:631.524.6/7.01

<https://doi.org/10.47612/0134-9740-2020-28-18-23>**Г. И. Пискун, Л. Н. Козлова, А. А. Корзан**

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук  
Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»,  
аг. Самохваловичи, Минский район  
E-mail: belbulba@ tut. by

## **НАСЛЕДОВАНИЕ ЦВЕТНОЙ МЯКОТИ И СОДЕРЖАНИЯ АНТИОКСИДАНТОВ В ГИБРИДНЫХ КОМБИНАЦИЯХ КАРТОФЕЛЯ, ПОЛУЧЕННЫХ С УЧАСТИЕМ РОДИТЕЛЬСКИХ ФОРМ С РАЗЛИЧНЫМ УРОВНЕМ ЭТИХ ПРИЗНАКОВ**

### **РЕЗЮМЕ**

*В статье приведены результаты исследований по изучению закономерностей наследования цветной мякоти и содержания антиоксидантов у гибридного потомства картофеля, полученного от скрещивания родительских форм с различным уровнем данных признаков. Предложены эффективные способы подбора исходного материала при селекции на повышение интенсивности цвета мякоти и содержания антиоксидантов. На основании изучения общей и специфической комбинационной способности выделены лучшие родительские формы и гибридные комбинации для создания сортов с высокой общей антиоксидантной способностью и насыщенной цветной мякотью.*

*Ключевые слова:* антиоксиданты, цветная мякоть, наследование, комбинационная способность, исходные формы, комбинации.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Картофель для населения Республики Беларусь традиционно является одним из основных продуктов питания (душевое потребление составляет около 200 кг в год). Поэтому неслучайно в настоящее время в селекционных программах большое внимание уделяется повышению его питательной ценности. Особенно это актуально в рамках современной концепции питания человека, когда потребляемый продукт рассматривается в первую очередь с точки зрения здорового питания. Следует отметить, что проведенные исследования позволяют по-новому оценить биохимический состав клубней картофеля. Его пищевую ценность обуславливает сбалансированное соотношение основных питательных веществ: углеводов, протеинов, жиров, витаминов, минеральных веществ и др. [1].

Учитывая важность в настоящее время диетического питания в повышении качества жизни людей, картофель рассматривается как одна из основных культур с высоким потенциалом антиоксидантов. Основное достоинство этих веществ состоит в том, что они блокируют в организме людей вредное действие свободных радикалов, вызывающих окислительный процесс. Благодаря этому антиоксиданты укрепляют иммунную систему, обладают антисклеротическим, антиканцерогенным и антиаллергическим действием и, как следствие этого, снижают риск развития таких опасных болезней, как атеросклероз, онкология, катаракта и др. У картофеля уровень антиоксидантной способности определяется количеством в клубне полифенолов, витамина С, органических

кислот. В состав полифенолов входят природные антоцианины флавоноидной группы, которые ответственны за синий, фиолетовый, красный, оранжевый цвет кожуры и мякоти и представляют огромную ценность как источники антиоксидантов. Ранее проведенными исследованиями доказано, что в клубнях с цветной мякотью данных веществ содержится в 6–7 раз больше, чем с белой и кремовой. Приводятся данные, что в образцах с цветной мякотью накапливается от 48,6 до 63,4 мг% витамина С, что в два раза выше по сравнению с кремовой или белой. По количеству антиоксидантов «цветной» картофель стоит в одном ряду с такими овощами, как брокколи, брюссельская капуста, морковь, шпинат, зеленые культуры, болгарский перец, свекла столовая. Сохранность этих веществ после термической обработки – 66 %, с колебаниями в зависимости от сорта 54–93 % [2]. Поэтому картофель может быть основным поставщиком этих веществ для организма человека, поскольку по потреблению уверенно занимает первое место по сравнению с другими овощами. Кроме антиоксидантных свойств, клубни картофеля с красной и фиолетовой мякотью оцениваются как потенциальные источники для получения естественного красителя, который можно использовать взамен не всегда безопасных синтетических при производстве различных соков.

Исходя из вышеизложенного, картофель, богатый антоцианами, может способствовать появлению новых продуктов на рынке продовольствия, а следовательно, новой отрасли, деятельность которой может быть направлена на улучшение здоровья человека. Потребитель такого продукта может извлечь двойную выгоду – здоровая и недорогая пища, улучшение здоровья с минимальными затратами за счет природного продукта. Следует отметить, что цветные клубни картофеля в США широко используются для изготовления различных продуктов: чипсов, картофеля фри, салатов, которые пользуются большим спросом [3].

Определенный интерес к картофелю с цветной мякотью есть и у населения нашей республики. Поэтому актуальна разработка способов селекции, позволяющих эффективно создавать сорта данного направления. В проведенных нами ранее исследованиях установлены особенности передачи гибридного потомству цветной мякоти в скрещиваниях, в которых материнская форма с фиолетовой ее окраской, а опылитель – со светло-желтой, а также различные типы наследования признака. Следовательно, эффективно подбирать компоненты для гибридизации можно только с учетом оценки их комбинационной способности. В подобных скрещиваниях выделено 14,5–44,0 % гибридов с фиолетовой мякотью различной интенсивности окраски [4]. Аналогичный характер наследования в таких комбинациях выявлен и по содержанию антиоксидантов. Количество форм с общей антиоксидантной активностью более 1 500 ед. в них составило 2,1–60,0 %.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Исследования проводили на опытном поле селекционного севооборота РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству». В качестве материнских форм использовали сорта и гибриды с разной интенсивности фиолетовой мякотью, а опылители – с красной. Почва опытного участка дерново-подзолистая среднесуглинистая, развивающаяся на лессовидном суглинке, характеризующаяся следующими агрохимическими показателями: рН (KCL) – 5,0–6,2,  $K_2O$  – 243–315,  $P_2O_5$  – 218–468 мг/кг, содержание гумуса – 1,82–2,11 %. Всего изучено 12 комбинаций и 7 родительских форм. При уборке в каждой комбинации без браковки отбирали по 50 гибридов, которые оценивали по цвету мякоти и содержанию антиоксидантов. Аналогично анализировали родительские формы. Полученные данные подвергнуты статистической обработке.

РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ КАРТОФЕЛЯ

Показатель степени фенотипического доминирования ( $hp$ ) определяли по формуле [5]

$$hp = (F_1 - Mp) : (P_{\max} - Mp),$$

где  $F_1$  – среднее значение признака у потомства;

$Mp$  – среднее родителей;

$P_{\max}$  – среднее значение признака у лучшего родителя.

Значения эффектов общей и специфической комбинационной способности вычисляли по методике В. К. Савченко [6].

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Распределение гибридов по цвету мякоти характеризовалось широким вариационным рядом (табл. 1). Наряду с присущей родительским формам фиолетовой и красной окраской выделены генотипы с белым, кремовым и желтым цветом. Причем в половине комбинаций количество таких форм было достаточно высоким – 31,0–39,6 %, а в целом варьировало от 4,0 до 39,6 %. Не прослеживается определенной зависимости между интенсивностью цветной мякоти у родителей и количеством форм с таким фоном у гибридного потомства. Так, относительно много образцов (31,3 %) с белой, кремовой, желтой окраской мякоти у гибридного потомства выделено в комбинации Солоха×213 фиолетовый-2, в которой оба родителя с интенсивно окрашенной цветной мякотью. И наоборот,

Таблица 1 – Наследование цветной мякоти у гибридного потомства

Происхождение	Интенсивность окраски мякоти, балл				Распределение гибридов по цвету мякоти, %			$hp^*$
	♀	♂	среднее родителей	среднее комбинаций	цветная, балл		белая, кремовая, желтая	
					3–5	7–9		
Солоха× 213 фурдыга-43	9	3	6,0	4,1	20,8	39,6	39,6	-0,63
Purple Valley× 213 фиолетовый-2	5	8	6,5	5,8	33,7	48,4	17,9	-0,47
138ху-12-10× 213 фурдыга-43	7	3	5,0	4,1	37,4	31,3	31,	-0,45
Солоха× 213 фиолетовый-2	9	8	8,5	4,8	16,7	31,3	31,3	-7,4
138ху-12-10× 213 фиолетовый-2	7	8	7,5	4,9	35,3	37,3	27,4	-5,28
134у-12-8× 213 фиолетовый-2	8	8	8,0	4,0	38,1	30,1	31,8	-8,0
138ху-12-10× 213 розовый-5	7	9	8,0	6,9	20,0	76,0	14,0	-1,1
Солоха× 213 розовый-5	9	9	9,0	6,3	34,0	52,0	14,0	-5,4
Purple Valley× 213 розовый-5	5	9	7,0	6,6	32,0	64,0	4,0	-0,2
Purple Valley× 213 фурдыга-43	5	3	4,0	4,5	28,0	44,0	28,0	-0,25
134у-12-8× 213 фурдыга-43	8	3	5,5	7,5	34,0	48,0	18,0	0,8
134у-12-8× 213 розовый-5	8	9	8,5	6,5	22,0	66,0	12,0	-4,0

\*  $hp$  – коэффициент фенотипического доминирования.

РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ КАРТОФЕЛЯ

в гибридной семье Purple Valley×213 фиолетовый-2, в которой один из родителей со средней, а второй – с более интенсивной окраской, таких гибридов было 17,9 %.

Выявлен различный характер наследования цветной мякоти. У 50,0 % комбинаций установлено промежуточное наследование, что указывает на аддитивное действие генов. У такого же количества гибридных семей выявлена депрессия. Данный тип наследования наблюдали в скрещиваниях, где родители были с высоким уровнем проявления признака. Количество форм с интенсивностью цветной мякоти более 7 баллов было достаточно высоким и составило в зависимости от происхождения комбинаций 30,1–76,0 %.

Установлены различные типы наследования содержания антиоксидантов (табл. 2). Четко выраженное доминирование признака у потомства выявлено у 33,3 % популяций. На более низком уровне такой же характер наследования отмечен еще у такого же их количества. Промежуточный характер наследования, указывающий на аддитивное действие генов, наблюдали у двух гибридных семей (16,6 %), у такого же количества отмечалось слабо выраженная депрессия. В исследуемых комбинациях выделено относительно большое количество (6,0–38,0 %) образцов с содержанием антиоксидантов больше 3 000 ед. Достаточно высокой у подобного типа скрещиваний была частота трансгрессий – 28–72 %.

По результатам оценки эффектов общей (ОКС) и специфической (СКС) комбинационной способности выделены перспективные исходные формы и гибридные комбинации для использования в селекции сортов с высокой суммарной антиоксидантной способностью, а также хорошо передающие цветную окраску мякоти (табл. 3, 4). Как видно из приведенных данных, высокой общей комбинационной способностью по

Таблица 2 – Наследование антиоксидантов гибридным потомством картофеля

Происхождение	Содержание антиоксидантов, ед.				% форм > 3000 ед.	% трансгрессий	<i>hp</i>
	♀	♂	среднее родителей	среднее комбинаций			
Солоха× 213 фурдыга-43	2 434	1 107	1 771	1 790	14,0	28,0	0,03
Purple Valley× 213 фиолетовый-2	1 690	1 827	1 758	2 029	13,5	57,2	3,9
138ху-12-10× 213 фурдыга-43	1 390	1 107	1 249	2 419	38,0	68,0	8,3
Солоха× 213 фиолетовый-2	2 434	1 827	2 131	2 528	32,0	56,0	1,3
138ху-12-10× 213 фиолетовый-2	1 390	1 827	1 608	2 425	35,3	64,7	3,7
134у-12-8× 213 фиолетовый-2	1 352	1 827	1 589	2 262	25,5	57,4	2,6
138ху-12-10× 213 розовый-5	1 390	2 073	1 732	2 528	22,0	62,0	2,3
Солоха× 213 розовый-5	2 434	2 073	2 254	2 187	24,0	40,0	-0,4
Purple Valley× 213 розовый-5	1 690	2 073	1 882	1 765	8,0	30,0	-0,5
Purple Valley× 213 фурдыга-43	1 690	1 107	1 399	1 553	6,0	40,0	0,5
134у-12-8× 213 фурдыга-43	1 352	1 107	1 230	2 035	14,0	72,0	6,6
134у-12-8× 213 розовый-5	1 352	2 073	1 712	2 327	34,0	56,0	1,7

**РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ КАРТОФЕЛЯ**

Таблица 3 – Оценки эффектов ОКС

♀	Значения эффектов	♂	Значения эффектов
<b>Антиоксиданты</b>			
Солоха	+14	213 фиолетовый-2	+157
Purple Valley	-372	213 фурдыга-43	-205
134у-12-8	+54	213 розовый-5	+48
138ху-12-10	+303	–	–
<b>Цветная мякоть</b>			
Солоха	-0,4	213 фиолетовый-2	-0,6
Purple Valley	0,1	213 фурдыга-43	0,4
134у-12-8	0,5	213 розовый-5	1,1
138ху-12-10	-0,2	–	–

Таблица 4 – Оценки эффектов СКС

♀	♂		
	213 фиолетовый-2	213 фурдыга-43	213 розовый-5
<b>Антиоксиданты</b>			
Солоха	+203	-173	-29
Purple Valley	+90	-24	-65
134у-12-8	-103	+32	+71
138ху-12-10	-189	+167	+23
<b>Цветная мякоть</b>			
Солоха	+0,33	-0,52	+0,15
Purple Valley	+0,77	-0,68	-0,13
134у-12-8	-1,40	+1,95	-0,6
138ху-12-10	0,20	-0,75	+0,5

содержанию антиоксидантов из материнских форм характеризуется гибрид 138ху-12-10, в меньшей степени сорт Солоха и гибрид 134у-12-8, из отцовских – 213 фиолетовый-2. Положительное значение этого показателя также у гибрида 213 розовый-5. По передаче потомству цветной мякоти выделяется из материнских форм гибрид 134у-12-8, из отцовских – 213 розовый-5, в меньшей степени это характерно для образца 213 фурдыга-43. Положительные эффекты ОКС по обоим признакам у образцов 134у-12-8, 213 розовый-5.

Значительное количество форм с высокой антиоксидантной способностью можно выделить в комбинациях Солоха×213 фиолетовый-2, 138ху-12-10×213 фурдыга-43, 134у-12-8×213 розовый-5, Purple Valley×213 фиолетовый-2. Перспективны для отбора образцов с цветной мякотью скрещивания 134у-12-8×213 фурдыга-43, Purple Valley×213 фиолетовый-2, 138ху-12-10×213 розовый-5.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В результате проведенных исследований у гибридного потомства выявлена высокая степень изменчивости содержания антиоксидантов и цвета мякоти, что подтверждает возможность выделения образцов с высоким значением данных признаков, количество которых варьировало от 28,0 до 72,0 % по антиоксидантам и от 30,1 до 66,0 % по цвету мякоти.

Установлены различные типы наследования антиоксидантов и пигментированной мякоти. Следовательно, эффективно вести селекционную работу на повышение данных признаков можно при условии использования в гибридизации родителей с высокой комбинационной способностью.

Высокой ОКС по антиоксидантам характеризуются гибриды, используемые в качестве материнских форм: 138ху-12-10, 134у-12-8, опылителей: 213 фиолетовый-2;

по передаче потомству цветной мякоти из материнских форм: 134у-12-8, отцовских: 213 розовый-5, 213 фурдыга-43.

Относительно высокие положительные показатели эффектов СКС по содержанию антиоксидантов установлены в комбинациях 138ху-12-10×213 фурдыга-43, 134у-12-8×213 розовый-5, Солоха×213 фиолетовый-2, Purple Valley×213 фиолетовый-2; по цветной мякоти: 138ху-12-10×213 розовый-5, Purple Valley×213 фиолетовый-2, 134у-12-8×213 фурдыга-43. Эти популяции перспективны при селекции на повышение уровня данных признаков.

#### Список литературы

1. Симаков, Е. А. Современный взгляд на питательную ценность картофеля и новые возможности селекции столовых сортов / Е. А. Симаков // Современное состояние и перспективы развития картофелеводства : материалы IV науч.-практ. конф., Чебоксары, 16 февр. 2012 г. – Чебоксары : Агро-Иновации, 2012. – С. 16–21.

2. Мелешина, О. А. Селекция на повышение содержания антиоксидантов в клубнях картофеля / О. А. Мелешина, А. А. Мелешин // Селекция и семеноводство картофеля / О. А. Мелешина, А. А. Мелешин. – Чебоксары, 2020. – С. 42–48.

3. Киру, С. Д. Генетические ресурсы картофеля для новых направлений селекции / С. Д. Киру // Картофелеводство. Результаты исследований, инновации, практический опыт : материалы науч.-практ. конф. и координ. совещания «Научное обеспечение и инновационное развитие картофелеводства», Москва, 6–7 авг. 2008 г. – М., 2008. – Т. 1. – С. 49–56.

4. Оценка родительских форм по передаче гибриднему потомству цветной кожуры и мякоти клубней / Г. И. Пискун [и др.] // Картофелеводство : сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству ; редкол.: С. А. Турко (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2015. – Т. 23. – С. 19–26.

5. Оценка гибридных комбинаций по наследованию потомством высокого содержания антиоксидантов / Г. И. Пискун [и др.] // Картофелеводство : сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству ; редкол.: С. А. Турко (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2016. – Т. 24. – С. 25–32.

6. Савченко, В. К. Генетический анализ в сетевых пробных скрещиваниях / В. К. Савченко. – Минск : Наука и техника, 1984. – С. 223.

Поступила в редакцию 21.12.2020 г.

G. I. PISKUN, L. N. KOZLOVA, A. A. KORZAN

### **INHERITANCE OF COLORED PULP AND ANTIOXIDANT CONTENT IN HYBRID COMBINATIONS OF POTATOES PRODUCED WITH PARENTAL FORMS WITH DIFFERENT LEVELS OF THESE FEATURES**

#### **SUMMARY**

*The research results on the patterns of inheritance of colored pulp and the content of antioxidants in hybrid potatoes offspring obtained from crossing parent forms with a high level of these characteristics are presented in the article. Effective methods for selecting the source material for selection to increase the intensity of the colored pulp and the content of antioxidants are proposed. Based on the research of general and specific combination ability, the best parent forms and hybrid combinations for creating varieties with a high overall antioxidant capacity and rich colored flesh are identified.*

**Key words:** antioxidants, colored pulp, inheritance, combining ability, original forms, combinations.

УДК 635.21:581:631.527

<https://doi.org/10.47612/0134-9740-2020-28-24-36>**Д. Д. Фицуро, В. Л. Маханько, В. А. Сердюков, Д. С. Гасило**

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук

Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»,

аг. Самохваловичи, Минский район

E-mail: d.fitsuro@gmail.com; makhanko@belbulba.by; vitaliy.1992@mail.ru;

gastilo1990@mail.ru

**ВЛИЯНИЕ ПОЧВЕННОЙ ЗАСУХИ В ПЕРИОД ВЕГЕТАЦИИ  
НА ПРОДУКТИВНОСТЬ СОРТОВ И ГИБРИДОВ КАРТОФЕЛЯ****РЕЗЮМЕ**

*По результатам исследований 2017–2019 гг. выделены гибриды и сорта картофеля, которые в условиях недостатка почвенной влаги в период вегетации снизили продуктивность в меньшей степени: в группе среднеранних Мастак (092924-52) в 2017 г. – 16,2 %, а в 2018 г. – 41,0 %; в группе среднеспелых Водар (8975-7) – 20,9 %, Баярскі (8875-11) – 39,8, Гарантия (8662-13) – 41,9 %*

*Ключевые слова:* картофель, сорт, гибрид, засухоустойчивость, влагоемкость почвы, теплица-«засушник», открытый грунт, продуктивность, крахмал, Беларусь.

**ВВЕДЕНИЕ**

Республика Беларусь относится к зоне умеренного увлажнения, но выпадение осадков на территории и во времени (в вегетационный период) неравномерно. Среднегодовой объем осадков за период с мая по сентябрь составляет 311 мм, а за годы исследований этот показатель колебался от 276,9 мм в 2018 г. до 323,8 мм в 2019 г.

Острый недостаток почвенной влаги в период клубнеобразования и роста клубней картофеля наблюдается особенно на легких по гранулометрическому составу почвах. При влажности почвы ниже 50 % полевой влагоемкости (ПВ) происходит торможение ростовых процессов, а при 30 % ПВ – полная остановка роста и начинается увядание растений. Важнейшим фактором, лимитирующим рост и урожайность картофеля, является гиперосмотический стресс, вызванный засушливым периодом в вегетации растений. Вследствие подавления роста растений сокращается площадь листьев, то есть ассимилирующая поверхность, что приводит к уменьшению количества ассимилянтов и является основной причиной снижения урожая [1, 2].

Одно из важных направлений селекции – это способность создаваемых новых сортов адаптироваться к изменяющимся факторам внешней среды, в том числе и к недостатку почвенной влаги. Решение этой задачи предусматривает совершенствование методов оценки, отбора на всех этапах схемы селекционного процесса и выделения исходных форм с комплексом хозяйственно ценных признаков. Для картофеля особого внимания заслуживает оценка селекционного материала на недостаток почвенной влаги [3].

Водный стресс, особенно в период вегетации, является лимитирующим физиологическим фактором при выращивании картофеля во многих странах. Его рост и развитие во многом связаны с влажностью почвы. Период от посадки до бутонизации для растений картофеля является менее значимым по показателю увлажненности почвы, а наиболее требовательны растения к водообеспечению в период от бутонизации



до конца цветения [4]. Оптимальная влажность почвы для картофеля в период вегетации составляет 70–90 % от полевой влагоемкости. Морфологические изменения у растений наступают уже при понижении влаги в почве до 70 % ПВ [5]. Как отмечают некоторые исследователи, кратковременное воздействие водного стресса на картофель в один день может привести к заметным последствиям [6].

Неравномерное выпадение дождей, когда недостаток почвенной влаги чередуется с оптимальным увлажнением, также отрицательно сказывается на картофеле. Рост клубней замедляется в течение нескольких дней, они «застывают», их базальная часть перестает расти. После восстановления нормального водного режима растений рост апикальной части клубня возобновляется, что приводит к образованию клубней с неправильной формой (грушевидность, наросты и растрескиваемость) [7].

Длительная засуха в период клубнеобразования приводит к истощению запасов крахмала в базальной части клубня, что в дальнейшем ведет к накоплению редуцирующих сахаров, и при варке столонная часть клубня сильно темнеет. Быстрый рост клубней после продолжительной засухи приводит к образованию ростовых трещин и дуплистости клубней [7, 8].

Существует общепринятое мнение среди исследователей, что сорта отличаются между собой по устойчивости к засушливым условиям вегетации, а также, что все сорта чувствительны к недостатку почвенной влаги [5–9]. Чувствительность картофеля к почвенной засухе может быть объяснена относительно поверхностным расположением корневой системы и неспособностью корней преодолеть плужную подошву. Качественная обработка почвы дает возможность корням картофеля проникать глубже 50 см, что позволяет растениям лучше выдерживать недостаток влаги в почве [9].

В наших исследованиях была поставлена задача определить влияние почвенной засухи на продуктивность перспективных сортов и гибридов картофеля и выделить образцы, которые в меньшей мере снижали продуктивность при стрессовом воздействии недостатка влаги.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Исследования проводили в 2017–2019 гг. в РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству». Материалом для исследований служили контрольные сорта и гибриды картофеля экологического сортоиспытания разных групп созревания. В качестве контрольных сортов использовались Лилея, Манифест, Скарб, Янка, Рагнеда, Вектар, Атлант, Здабытак. Исследования проводили в условиях естественного увлажнения (открытый грунт) и при создании искусственной засухи в теплице-«засушнике». Опыт мелкоделяночный – деланки однорядковые по 10 растений в ряду, повторность четырехкратная. Почва дерново-подзолистая среднесуглинистая. Пахотный горизонт участка опытного поля характеризуется следующими агрохимическими показателями: рН (КС1) – 4,4–5,0, содержание фосфора – 390–441 мг/кг и калия 353–420 мг/кг почвы, содержание гумуса – 1,9–2,1 %. Предшественник – озимый рапс на семена. Весенняя обработка почвы состояла из ранневесенней культивации, перепашки с боронованием и нарезки гребней. Минеральные удобрения (сульфат аммония, аммофос, хлористый калий) вносили после вспашки, под культивацию. Посадку сортов картофеля в поле проводили клоновой сажалкой СН-4БК (в теплице – вручную) в третьей декаде апреля – первой декаде мая. За период вегетации делали две довсходовые междурядные обработки посадок. Против сорняков вносили гербицид Зенкор Ультра, КС в дозе 0,8 л/га. Перед смыканием ботвы проводили высокое окучивание.

РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ КАРТОФЕЛЯ

Метеорологические условия проведения исследований были различны по годам (табл. 1). По температурному режиму апрель 2017 г. был неоднородным: теплой была первая декада месяца – 8,4 °С (+3,7 °С от климатической нормы), в середине апреля похолодало до 3,4 °С (–3,8 °С от климатической нормы) и до конца месяца преобладал пониженный температурный режим – 5,0 °С (–4,6 °С). Средняя за месяц температура воздуха в апреле составила 5,6 °С, что ниже климатической нормы на 1,6 °С. Осадки выпали в виде дождя (10 дней 1 мм и более) преимущественно во второй и третьей декадах месяца, в целом за месяц выпало 71,8 мм осадков (1,55 месячной нормы). Гидротермический коэффициент (ГТК) составил 3,19 – очень влажно. Май характеризовался неустойчивым температурным режимом и дефицитом осадков. За месяц температура воздуха составила 9,2–18,4 °С, что в пределах климатической нормы. В большинстве дней первой и второй декад наблюдался пониженный температурный режим (в среднем 2,4–14,1 °С, днем было не выше 6,2–22,1 °С). В третьей декаде потеплело (12,7–26,9 °С). В мае выпало 25,5 мм осадков (41,2 % месячной нормы, ГТК = 1,29 – засушливые условия). Июнь характеризовался неустойчивым температурным режимом и недобором осадков. Температура воздуха за месяц составила 14–18 °С, что в пределах климатической нормы. В первой и третьей декадах среднесуточная температура воздуха была 12,6–17,3 °С, что на 3,8 °С ниже климатической нормы, а во второй

Таблица 1 – Метеорологические условия в период вегетации картофеля в 2017–2019 гг. (метеопост Самохваловичи Минского района и области)

Месяц	Температура воздуха, °С				Средняя относительная влажность воздуха	Осадки, мм			ГТК
	средняя	норма	max	min		сумма	норма	% от нормы	
<b>2017 г.</b>									
Апрель	5,6	7,2	14,0	–1,8	74,0	71,8	46,0	155,1	3,19
Май	12,7	13,3	24,6	2,3	64,0	25,5	65,0	41,2	0,65
Июнь	16,1	16,4	26,7	6,7	64,8	69,9	82,7	84,5	1,45
Июль	17,1	18,5	26,1	10,1	61,5	152,7	90,6	168,5	2,88
Август	18,5	17,5	28,7	10,7	64,5	66,5	79,8	83,3	1,15
Сентябрь	13,3	12,1	23,0	6,3	80,0	81,2	60,0	136,0	2,03
Вегетационный период	13,9	14,2	23,9	5,7	68,1	467,6	421,0	111,4	1,63
<b>2018 г.</b>									
Апрель	10,0	7,2	15,9	5,1	68,6	46,2	46,3	99,8	1,54
Май	16,9	13,3	23,1	11,3	66,3	27,0	65,0	43,6	0,51
Июнь	17,2	16,4	23,1	12,0	63,3	50,1	82,7	60,6	0,98
Июль	19,2	18,5	23,7	15,8	79,9	152,2	90,6	168,0	2,56
Август	19,4	17,5	25,1	14,3	68,9	47,6	79,8	59,6	0,80
Сентябрь	14,8	12,1	20,2	10,7	72,6	45,2	60,0	75,7	1,00
Вегетационный период	16,3	14,2	21,8	11,5	69,9	368,3	421,0	87,5	1,08
<b>2019 г.</b>									
Май	13,8	12,7	23,0	5,0	76,6	65,0	65,0	118,9	2,43
Июнь	20,7	16,0	30,9	10,8	68,7	56,4	86,0	66,6	0,75
Июль	16,6	17,7	28,6	9,3	79,4	76,0	89,0	83,4	1,52
Август	17,7	16,3	27,6	8,6	80,5	101,4	68,0	126,6	1,91
Вегетационный период	17,2	15,7	25,7	8,4	76,3	323,8	315,0	102,8	1,65

## РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ КАРТОФЕЛЯ

декаде месяца около нормы. Днем воздух прогревался от 15,1–26,4 °С до 30,2 °С в третьей декаде, ночью – от 3,1 °С до 17,1 °С. Дожди в июне носили в основном кратковременный характер (14 дней 1 мм и более) и за месяц выпало 69,9 мм осадков (84,5 % от месячной нормы, ГТК = 1,45 – оптимальные условия). Температура воздуха за июль составила 15,1–21,0 °С, что на 1,8–2,8 °С ниже климатической нормы. В первой декаде июля и частично во второй преобладала прохладная погода. Среднесуточная температура воздуха была 13,0–17,7 °С, что на 0,8–5,5 °С ниже климатической нормы. Температура воздуха днем поднималась до 15,5–23,9 °С, в конце второй декады – до 25,2 °С. В третьей декаде средняя за сутки температура воздуха повышалась до 18,0–21,5 °С, что на 3,0 °С выше климатической нормы. За месяц выпало 152,7 мм осадков (1,69 месячной нормы, ГТК = 2,88 – влажные условия) и агрометеорологические условия благоприятствовали формированию урожая картофеля. Август 2017 г. характеризовался преобладанием теплой погоды в первой и второй декадах и пониженного температурного режима в последней декаде месяца. Средняя за месяц температура воздуха составила 15,4–21,6 °С, что на 0,7 °С ниже (третья декада) и на 1,5–3,8 °С выше (первая и вторая декады) климатической нормы. Дожди в августе носили в основном кратковременный характер (7 дней 1 мм и более). В целом за месяц выпало 66,5 мм осадков (83,3 % месячной нормы, ГТК = 1,15 – засушливые условия). Средняя температура воздуха в первой декаде сентября составила 14,3 °С, что выше климатической нормы на 0,2 °С. Теплая погода была в начале и в конце декады (18,5–24,1 °С). В середине декады был более прохладный период (11,6–16,5 °С). Вторая декада сентября была теплой (от 12,0–19,0 °С до 25,2 °С), что выше климатической нормы на 1,7 °С. В третьей декаде средняя температура воздуха составила 11,4 °С (+1,2 °С от климатической нормы), минимальная – 2,8–3,2 °С, максимальная – 17,7–19,9 °С. Осадки выпадали преимущественно в первой (36,1 мм) и второй (41,4 мм) декадах сентября (13 дней 1 мм и более). За месяц выпало 81,2 мм осадков (136,0 % месячной нормы, ГТК = 2,03 – влажные условия). За вегетационный период 2018 г. гидротермический коэффициент составил 1,63, осадков выпало с мая по сентябрь 314,6 мм, среднемесячная температура – 13,9 °С.

Апрель в 2018 г. выдался очень теплым: среднемесячная температура воздуха составила от 10,0 °С, что на 2,8 °С выше климатической нормы. Температура воздуха по декадам повышалась с 7,8 °С (первая декада) до 11,4 °С (третья декада), что выше климатической нормы. Больше всего осадков выпало в первой декаде (24,5 мм, 175,0 % от нормы) и в третьей (17,9 мм, 127,9 % от нормы, ГТК = 1,54 – оптимальные условия). Посадка картофеля началась раньше, чем в прошлом году, так как верхний 10-сантиметровый слой достиг умеренно влажного состояния. Май характеризовался повышенным температурным режимом и дефицитом осадков. Среднемесячная температура воздуха составила 16,9 °С, что на 3,6 °С выше климатической нормы. В большинстве дней месяца наблюдался повышенный температурный режим (18,6–29,4 °С), а также недобор осадков, которые отмечались редко и носили преимущественно кратковременный характер. За месяц выпало всего 27,0 мм (43,6 % от нормы, ГТК = 0,51 – очень засушливые условия). Июнь характеризовался неустойчивым температурным режимом и дефицитом осадков. Среднемесячная температура воздуха была 17,2 °С, что в пределах климатической нормы (+0,8 °С). В дневные часы воздух прогревался от 14,9 °С до 21,5–28,6 °С. Дожди в июне носили в основном локальный характер и большую часть месяца сохранялся дефицит осадков. В целом за месяц выпало 50,1 мм (60,6 % от нормы, ГТК = 0,97 – засушливые условия). Агрометеорологические условия в июне ухудшились. Сохраняющийся большую часть месяца дефицит осадков вызвал существенное уменьшение содержания влаги в почве и обусловил возникновение почвенной засухи.

## РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ КАРТОФЕЛЯ

Июль в целом выдался теплым и характеризовался неустойчивым характером погоды с частыми дождями. Среднемесячная температура воздуха составила 19,2 °С, что в пределах климатической нормы. Сумма осадков за месяц – 152,2 мм, что в 1,68 раза больше месячной нормы. В первой декаде за 4 дня выпало 63,0 мм (203,2 % от нормы) и во второй декаде за 7 дней – 86,5 мм (288,3 мм от нормы, ГТК = 2,56 – влажные условия). Агрометеорологические условия для формирования урожая картофеля в июле заметно улучшились. Уже в первой декаде обильные дожди ликвидировали почвенную засуху, практически восстановилась хорошая влагообеспеченность. Преобладание теплой погоды и достаток почвенной влаги способствовали росту клубней картофеля. В августе преобладала теплая, в отдельные дни жаркая погода. Средняя за месяц температура воздуха составила 19,4 °С, что на 1,9 °С выше климатической нормы. В дневные часы воздух прогревался от 18,9 °С до 24,0 °С. Преобладание повышенного температурного режима в сочетании с недобором осадков привело к интенсивной потере влаги из почвы. Большую часть месяца верхний 10-сантиметровый слой почвы был слабо увлажнен. Прошедшие в последнюю неделю августа дожди пополнили содержание влаги в почве. За месяц выпало 47,6 мм осадков (59,62 % от климатической нормы, ГТК = 0,80 – засушливые условия). Сентябрь характеризовался преобладанием по-летнему теплой погоды, и только в третьей декаде месяца похолодало. Средняя за месяц температура воздуха составила 14,8 °С, что на 2,7 °С выше климатической нормы. Дожди носили преимущественно кратковременный характер и отмечались чаще в третьей декаде месяца (за 6 дней выпало 29,2 мм – 153,7 % от нормы), 15 и 24 сентября шли сильные дожди (10,8 и 21,0 мм соответственно). В целом за месяц выпало 45,2 мм осадков (75,7 % от климатической нормы, ГТК = 0,55 – засушливые условия). Большую часть сентября сухая погода была благоприятна для проведения уборки картофеля. Только в третьей декаде из-за проходящих дождей и понижения температуры условия для уборочных работ ухудшились.

Май 2019 г. был теплым со средней температурой 13,8 °С (на 1,1 °С выше нормы), а осадки выпадали неравномерно (первая декада – 39,6 мм, 232,9 % нормы, вторая – 21,6 мм, 108,0 %, третья – 3,8 мм, 15,8 %, ГТК = 2,43 – очень влажные условия). Июнь выдался очень теплым и сухим: средняя температура – 20,7 °С (на 4,7 °С выше средне-многолетнего показателя), а осадков выпало 56,4 мм (68,7 % от нормы, ГТК = 0,75 – засушливые условия). Июль оказался прохладным со средней температурой 16,6 °С (меньше нормы на 1,1 °С), осадков выпало 76,0 мм (89,0 % от нормы, ГТК = 1,52 – оптимальные условия). Август был теплым с температурой 17,7 °С (на 1,4 °С выше нормы), а осадков выпало 101,4 мм (126,6 % от нормы, ГТК = 1,9 – влажные условия). В целом за вегетационный период с мая по сентябрь выпало 323,8 мм и ГТК составил 1,65 – достаточно оптимальные условия для выращивания картофеля.

Биометрические показатели (высота растений, число стеблей) определяли по методике В. Росс, Ю. Росс [10]. Влажность почвы оценивали после посадки, в период появления полных всходов картофеля, в фазу цветения и перед уборкой по слоям: 0–10; 10–20; 20–30 см согласно методике НИИКХ [11]. Учет урожая определяли путем взвешивания клубней, полученных с делянки при уборке, а структуру урожая – с учетом массы каждой клубневой фракции [11].

Содержание сухого вещества и крахмала измеряли весовым методом на электронных весах MEKU (Erich Pollhne GmbH). Агрохимическая характеристика почвы: содержание подвижных форм фосфора и калия устанавливали по Кирсанову, гумус – по Тюрину [15]. Статистический материал полевых опытов обработан методом дисперсионного анализа [16].

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

В период проведения исследований по влиянию почвенной влаги на растения картофеля мы большое внимание уделили именно определению влажности почвы в вегетационные периоды. Согласно проведенным учетам, влажность почвы пахотного горизонта в слое 0–30 см перед посадкой картофеля в поле и в теплице-«засушнике» варьировала от 16,4 до 18,2 % (табл. 2). Постепенно влажность почвы в период вегетации растений картофеля снижалась, особенно это прослеживалось в опытном варианте (теплице-«засушнике»), куда не было доступа атмосферным осадкам, и варьировала в широких диапазонах – от 1,9 до 17,8 %, тогда как в открытом грунте она составила от 6,1 до 27,3 %. В период уборки влажность почвы в теплице-«засушнике» еще больше снизилась и составила 3,5 %, 6,2 и 8,8 % соответственно горизонтам 0–10, 10–20 и 20–30 см. В это же время в открытом грунте она была умеренной и составляла в среднем 15,1 %.

Недостаток почвенной влаги в период вегетации растений привел к снижению урожайности изучаемых сортов и гибридов картофеля по сравнению с контролем (открытый грунт), независимо от группы спелости. Следует отметить, что при недостатке почвенной влаги снижение продуктивности за годы исследований варьировало от 6,42 % у сортообразца среднеранней группы спелости 8975-7 (Водар) в урожае 2019 г. до 46,3 % у раннего селекционного гибрида 072899-10 в урожае 2017 г. (табл. 3).

Снижение продуктивности при недостатке почвенной влаги установлено: в ранней группе спелости от 25,4 % у контрольного сорта Лилея в урожае 2018 г. до 46,3 % у гибрида 072899-10; в среднеранней группе спелости от 6,42 % у гибрида Водар (8975-7) в 2019 г. до 47,2 % у контрольного сорта Манифест в урожае 2017 г. Минимальное снижение продуктивности в среднеспелой группе спелости было отмечено в урожае клубней контрольных сортов Янка и Скарб – на 22,6–39,23 и 22,7–37,5 % соответственно. Снижение продуктивности в среднепоздней группе спелости при воздействии почвенной засухи колебалось у контрольных сортов Рагнеда – 35,2–56,6 % и Вектар – 25,7–39,8 %. У позднеспелых контрольных сортов Атлант и Здабытак продуктивность в «засушнике» снизилась на 21,4–40,5 и 16,2–33,0 % соответственно.

Влияние засухи на товарность и структуру урожая существенно, и прежде всего снижается доля крупной фракции клубней (более 60 мм) и возрастает средняя, семенная (40–60 мм). За годы проведенных исследований мы установили преобладание крупной фракции клубней у следующих гибридов: в ранней группе 072899-10 – 56,8 % (товарность 87,8 %); в среднеранней группе Мастак (092924-52) – 51,1–59,4 % (товарность 95,1–96,2 %), Водар (8975-7) – 78,4–80,6 % (товарность 97,4–98,5 %); в среднеспелой группе Гарангия (8662-13) – 59,6 % (товарность 95,3 %), Баярскі (8875-11) – 68,6–77,1 % (товарность 97,5–99,4 %) (табл. 4).

Таблица 2 – Влажность почвы в теплице-«засушнике» и открытом грунте в период вегетации картофеля, 2017–2019 гг.

Вариант опыта	Горизонт почвы, см	Влажность почвы, %		
		перед посадкой	в период клубнеобразования	перед уборкой
При недостатке почвенной влаги, в «засушнике»	0–10	16,4	1,9–11,1	3,5
	10–20	16,5	2,1–16,0	6,2
	20–30	17,8	2,7–17,8	8,8
В открытом грунте, поле	0–10	14,4	9,6–23,7	14,3
	10–20	18,2	8,4–27,3	15,0
	20–30	17,7	6,1–24,3	15,9

**РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ КАРТОФЕЛЯ**

Таблица 3 – Влияние недостатка почвенной влаги в период вегетации на продуктивность сортов и гибридов картофеля, 2017–2019 гг.

Сорт, гибрид	Продуктивность сортов и гибридов картофеля, кг/10 кустов		% к контролю	Степень устойчивости
	контроль – открытый грунт	опыт – «засушник»		
<b>2017 г.</b>				
Лиляя	13,80	8,15	-40,9	Не устойчив
072899-10	12,95	6,95	-46,3	Не устойчив
Юлия (092924-59)	10,90	6,05	-44,5	Не устойчив
Манифест	10,60	5,60	-47,2	Не устойчив
Мастак (092924-52)	12,05	10,10	-16,2	Устойчив
Скарб	16,55	10,35	-37,5	Относительно устойчив
Янка	12,25	8,65	-29,4	Относительно устойчив
Гарантия (8662-13)	14,80	8,60	-41,9	Не устойчив
Рагнеда	16,10	10,80	-32,9	Относительно устойчив
Вектар	13,70	5,95	-56,6	Не устойчив
Здабытак	7,70	6,45	-16,2	Устойчив
Атлант	13,45	8,00	-40,5	Не устойчив
НСР <sub>0,05</sub>	3,95		-	
<b>2018 г.</b>				
Лиляя	10,81	9,50	-25,4	Относительно устойчив
Манифест	11,29	8,18	-27,5	Относительно устойчив
072899-10	11,60	8,48	-26,9	Относительно устойчив
Мастак (092924-52)	13,26	7,82	-41,0	Не устойчив
Водар (8975-7)	12,52	9,90	-20,9	Относительно устойчив
Скарб	10,51	8,12	-22,7	Относительно устойчив
Янка	10,26	8,92	-22,6	Относительно устойчив
8875-11	12,77	8,75	-31,5	Относительно устойчив
Рагнеда	15,55	10,07	-35,2	Относительно устойчив
Вектар	9,48	7,76	-25,7	Относительно устойчив
Здабытак	11,20	7,50	-33,0	Относительно устойчив
Атлант	10,31	9,07	-21,4	Относительно устойчив
НСР <sub>0,05</sub>	3,52		-	
<b>2019 г.</b>				
Лиляя	13,05	9,46	-27,51	Относительно устойчив
Манифест	15,00	9,38	-37,47	Относительно устойчив
Водар (8975-7)	16,35	15,30	-6,42	Устойчив
Скарб	15,65	9,93	-36,55	Относительно устойчив
Янка	18,20	11,06	-39,23	Не устойчив
Баярскі (8875-11)	22,40	13,49	-39,78	Относительно устойчив
Рагнеда	23,73	14,50	-38,90	Относительно устойчив
Вектар	20,75	12,50	-39,76	Относительно устойчив
НСР <sub>0,05</sub>	7,98		-	

РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ КАРТОФЕЛЯ

Таблица 4 – Продуктивность и структура урожая сортов и гибридов картофеля при недостатке почвенной влаги, 2017–2019 гг.

Сорт, гибрид	При недостатке почвенной влаги, в «засушлике»				Открытый грунт, поле							
	урожайность, кг/10 кустов	структура урожая по фракциям, %			товарность, %	товарный урожай, кг/10 кустов	урожайность, кг/10 кустов	структура урожая по фракциям, %			товарность, %	товарный урожай, кг/10 кустов
		> 60 мм	40–60 мм	< 40 мм				> 60 мм	40–60 мм	< 40 мм		
<b>2017 г.</b>												
Лиля	8,15	5,85	1,40	0,90	88,96	7,25	13,80	9,65	1,90	2,25	83,70	11,55
072899-10	6,95	3,95	2,15	0,85	87,77	6,10	12,95	8,25	3,35	1,35	89,58	11,60
Юлия (092924-59)	6,05	3,00	1,25	1,80	70,25	4,25	10,90	5,15	4,20	1,55	85,78	9,35
Манифест	5,60	2,55	2,45	0,60	89,29	5,00	10,60	5,75	3,90	0,95	91,04	9,65
Мастак (092924-52)	10,10	6,00	3,60	0,50	95,05	9,60	12,05	3,90	6,25	1,90	84,23	10,15
Скарб	10,35	7,90	2,00	0,45	95,65	9,90	16,55	11,35	4,35	0,85	94,86	15,70
Янка	8,65	6,25	1,80	0,60	93,06	8,05	12,25	5,85	3,90	2,50	79,59	9,75
Гарантия (8662-13)	8,60	5,10	3,10	0,40	95,35	8,20	14,80	7,75	5,50	1,55	89,53	13,25
Рагнеда	10,80	5,60	4,40	0,80	92,59	10,00	16,10	6,60	6,75	2,75	82,92	13,35
Вектар	5,95	3,55	2,10	0,30	94,96	5,65	13,70	9,25	3,65	0,80	94,16	12,90
Здабытак	6,45	3,05	3,00	0,40	93,80	6,05	7,70	4,10	3,00	0,60	92,21	7,10
Аллант	8,00	4,95	2,75	0,30	96,25	7,70	13,45	6,75	5,80	0,90	93,31	12,55
НСР <sub>0,05</sub>	3,95											
<b>2018 г.</b>												
Лиля	8,06	5,70	1,96	0,40	95,04	7,66	10,81	9,29	1,41	0,11	98,98	10,70
Манифест	8,18	5,70	2,32	0,16	98,04	8,02	11,29	8,35	2,74	0,20	98,23	11,09
072899-10	8,48	3,32	4,60	0,56	93,40	7,92	11,60	8,65	2,65	0,30	97,41	11,30
Мастак (092924-52)	7,82	4,00	3,52	0,30	96,16	7,52	13,26	7,96	5,03	0,27	97,96	12,99
Водар (8975-7)	9,90	7,76	2,00	0,14	98,59	9,76	12,52	7,54	4,56	0,42	96,65	12,10
Скарб	8,12	5,30	2,52	0,30	96,31	7,82	10,51	6,36	3,86	0,29	97,24	10,22

РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ КАРТОФЕЛЯ

Окончание таблицы 4

Сорт, гибрид	При недостатке почвенной влаги, в «засушнике»						Открытый грунт, поле					
	урожай-ность, кг/10 кустов	структура урожая по фракциям, %			товар-ность, %	товарный урожай, кг/10 кустов	урожай-ность, кг/10 кустов	структура урожая по фракциям, %			товар-ность, %	товарный урожай, кг/10 кустов
		> 60 мм	40-60 мм	< 40 мм				> 60 мм	40-60 мм	< 40 мм		
Янка	7,94	4,00	3,32	0,62	92,19	7,32	10,26	4,91	4,76	0,59	94,25	9,67
Баярекі (8875-11)	8,75	6,00	2,70	0,05	99,43	8,70	12,77	8,48	3,64	0,66	94,87	12,12
Рагнеда	10,07	7,42	2,32	0,33	96,72	9,74	15,55	9,20	5,75	0,60	96,14	14,95
Вектар	7,04	4,80	2,00	0,24	96,59	6,80	9,48	6,43	2,81	0,24	97,47	9,24
Эдабглак	7,50	5,26	1,92	0,32	95,73	7,18	11,20	6,33	4,29	0,58	94,82	10,62
Атлант	8,10	4,37	3,12	0,61	92,47	7,49	10,31	6,52	3,29	0,50	95,15	9,81
НСР <sub>0,05</sub>	3,52											
<b>2019 г.</b>												
Лиляя	9,46	5,21	2,55	1,71	81,92	7,75	13,05	11,70	1,18	0,18	98,62	12,87
Манифест	9,38	4,98	3,58	0,83	91,15	8,55	15,00	11,18	3,53	0,30	98,00	14,70
Водар (8975-7)	15,30	12,33	2,57	0,40	97,39	14,90	16,35	10,80	4,93	0,63	96,15	15,72
Скарб	9,93	7,67	1,96	0,30	96,98	9,63	15,65	13,30	2,05	0,30	98,08	15,35
Янка	11,06	7,16	3,22	0,68	93,85	10,38	18,20	14,20	3,48	0,53	97,09	17,67
Баярекі (8875-11)	13,49	10,40	2,75	0,34	97,48	13,15	22,40	18,05	3,85	0,50	97,77	21,90
Рагнеда	14,50	9,70	4,25	0,55	96,21	13,95	23,73	17,45	5,50	0,78	96,71	22,95
Вектар	12,50	9,93	2,20	0,38	96,96	12,12	20,75	17,40	2,85	0,50	97,59	20,25
НСР <sub>0,05</sub>	7,98											



РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ КАРТОФЕЛЯ

Высокая товарность урожая при недостатке почвенной влаги отмечена у новых сортов Мастак – 95,0–96,2 %, Водар – 97,4–98,6, Гарантия – 95,3 %, а в 2018 и 2019 гг. наибольшей товарностью характеризовался селекционный гибрид Баярскі (8875-11) с выходом товарных клубней 99,43 и 97,46 % соответственно. В открытом грунте отмечены контрольные сорта Манифест и Лилея (2018 и 2019 гг.) с товарностью 98,23 и 98,62 % соответственно. Товарность клубней при недостатке почвенной влаги составила от 70,25 % у сорта Юлия (092924-59) до 99,43 % у гибрида Баярскі (8875-11), в открытом грунте – от 79,59 % у сорта Янка до 98,98 % у сорта Лилея.

Содержание крахмала в клубнях является важнейшим показателем качества выращенного урожая. На крахмалистость клубней большое влияние оказывают многие факторы: сорт, почвенно-климатические условия, условия минерального питания, влагообеспеченность, длина вегетационного периода и др. В наших исследованиях содержание крахмала в клубнях в первую очередь определялось условиями выращивания (при недостатке почвенной влаги) (табл. 5). Анализируя данные продуктивности

Таблица 5 – Содержание сухого вещества и крахмала в клубнях сортов и гибридов картофеля при недостатке почвенной влаги, 2017–2019 гг.

Сорт, гибрид	Содержание в клубнях, %				± к контролю по содержанию крахмала
	крахмала		сухого вещества		
	контроль – открытый грунт	опыт – «засушник»	контроль – открытый грунт	опыт – «засушник»	
<b>2017 г.</b>					
Лилея	13,9	12,4	21,0	19,5	-1,5
072899-10	16,8	15,6	24,0	22,8	-1,2
Юлия (092924-59)	12,8	11,2	19,9	18,3	-1,6
Манифест	13,9	13,4	21,0	20,5	-0,5
Мастак (092924-52)	15,9	14,7	23,1	21,8	-1,2
Скарб	11,1	12,0	18,1	19,1	+0,9
Янка	13,8	13,7	21,0	20,8	-0,1
Гарантия (8662-13)	12,6	12,2	19,7	19,3	-0,4
Рагнеда	14,9	13,9	22,1	21,0	-1,0
Вектар	14,4	13,1	21,6	20,2	-1,3
Здабытак	19,9	18,7	27,1	26,0	-1,2
Атлант	16,2	15,1	23,4	22,3	-1,1
НСР <sub>0,05</sub>	1,57	–	1,62	–	–
<b>2018 г.</b>					
Лилея	12,3	14,6	19,4	21,8	+2,3
Манифест	11,9	14,7	18,9	21,8	+2,8
072899-10	13,0	17,9	20,1	25,2	+4,9
Мастак (092924-52)	15,2	18,6	22,3	25,9	+3,4
Водар (8975-7)	14,3	14,5	21,4	21,7	+0,2
Скарб	10,3	13,4	17,3	20,6	+3,1
Янка	12,8	14,6	19,9	21,8	+1,8
Баярскі (8875-11)	18,4	19,2	25,7	26,5	+0,8
Рагнеда	13,3	15,4	20,4	22,6	+2,1
Вектар	13,2	15,8	20,3	23,0	+2,6
Здабытак	18,0	19,0	25,2	26,3	+1,0
Атлант	15,1	17,5	22,3	24,7	+2,4
НСР <sub>0,05</sub>	1,95	–	2,10	–	–

РАЗДЕЛ 1. СЕЛЕКЦИЯ КАРТОФЕЛЯ

Окончание таблицы 5

Сорт, гибрид	Содержание в клубнях, %				± к контролю по содержанию крахмала
	крахмала		сухого вещества		
	контроль – открытый грунт	опыт – «засушник»	контроль – открытый грунт	опыт – «засушник»	
<b>2019 г.</b>					
Лиляя	11,9	12,1	19,2	19,2	+0,2
Манифест	11,9	15,7	19,0	22,9	+3,8
Водар (8975-7)	10,9	12,6	18,0	19,7	+1,7
Скарб	9,7	14,5	16,7	21,6	+4,8
Янка	12,1	15,7	19,2	22,8	+3,6
Баярські (8875-11)	17,6	19,0	24,8	26,3	+1,4
Рагнеда	14,0	17,8	21,2	24,8	+3,8
Вектар	13,1	15,8	20,2	23,0	+2,7
НСР <sub>0,05</sub>	3,57	–	4,92	–	–

гибридов и сортов при недостатке почвенной влаги по сравнению с контролем (открытый грунт), можно установить, что содержание крахмала в клубнях картофеля как снижалось до 1,6 %, так и увеличивалось до 4,8 %, а также незначительно колебалось или оставалась неизменно. Согласно литературным источникам, в более засушливых условиях в клубнях картофеля накапливается больше крахмала, это подтверждают и результаты 2017–2019 гг., а вот по данным 2017 г. у некоторых сортов и гибридов обратная тенденция. В 2017 г. прибавка крахмала в клубнях картофеля при недостатке почвенной влаги варьировала от 1,6 % у сорта Юлия до 0,9 % у сорта Скарб. В урожае 2018 г. минимальное увеличение крахмала при недостатке влаги в почве отмечено у гибрида Водар (8975-7) – на 0,2 %, а максимальное – 4,9 % у гибрида 072899-10. В урожае 2019 г. увеличение содержания сухого вещества, а следовательно, и крахмала варьировало от 0,2 % у сорта Лиляя до 4,8 % у сорта Скарб.

Таким образом, по результатам исследований выделены образцы, которые в условиях недостатка влаги в период вегетации снижали продуктивность в меньшей степени: в группе среднеранних Мастак (092924-52) – в 2017 г. 10,1 кг/10 кустов – 16,2 %, в 2018 г. 7,82 кг/10 кустов – 41,0 %; в группе среднеспелых Водар (8975-7) – 9,9 кг/10 кустов – 20,9 %, Баярські (8875-11) – 13,5 кг/10 кустов – 39,8 %, Гарантия (8662-13) – 8,6 кг/10 кустов – 41,9 %.

Влияние засухи на товарность урожая существенно, прежде всего снижается доля крупной фракции клубней (более 60 мм) и возрастает семенная 40–60 мм. Однако выявлены гибриды, у которых преобладает крупная фракция клубней: в ранней группе 072899-10 – 56,8 % (товарность 87,8 %); в среднеранней – Мастак (092924-52) – 51,1–59,4 % (товарность 95,1–96,2 %), Водар (8975-7) – 78,4–80,6 % (товарность 97,4–98,5 %); в среднеспелой группе Гарантия (8662-13) – 59,6 % (товарность 95,3 %), Баярські (8875-11) – 68,6–77,1 % (товарность 97,5–99,4 %).

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам исследований 2017–2019 гг. выделены образцы, которые в условиях недостатка почвенной влаги в период вегетации снижали продуктивность в меньшей степени: в группе среднеранних Мастак (092924-52) – в 2017 г. на 16,2 %, в 2018 г. – 41,0 %; в группе среднеспелых Водар (8975-7) – 20,9 %, Баярські (8875-11) – 39,8, Гарантия (8662-13) – 41,9 %.

Под влиянием засухи прежде всего снижается доля крупной фракции клубней более 60 мм и возрастает семенная 40–60 мм. Однако мы установили преобладание крупной

фракции клубней в структуре урожая у следующих гибридов и сортов: в среднеранней группе Мастак (092924-52) – 51,1–59,4 % (товарность 95,1–96,2 %); в среднеспелой группе Водар (8975-7) – 78,4–80,6 % (товарность 97,4–98,5 %), Гарантия (8662-13) – 59,6 % (товарность 95,3 %), Баярски (8875-11) – 68,6–77,1 % (товарность 97,5–99,4 %).

Содержание крахмала в клубнях картофеля при недостатке почвенной влаги как снижалось до 1,6 %, так и увеличивалось до 4,8 %, а также незначительно колебалось или оставалась неизменно.

### Список литературы

1. Шматько, И. Г. Реакция растений на водный и высокотемпературный стрессы / И. Г. Шматько // Физиология и биохимия культурных растений. – 1992. – Т. 24, № 1. – С. 12–18.
2. Пустовойтова, Т. Н. Основные направления в изучении влияния засухи на физиологические процессы у растений / Т. Н. Пустовойтова // Физиол. и биохимия культурных растений. – 1992. – Т. 24, № 1. – С. 12–18.
3. Удовенко, Г. В. Принципы и приемы диагностики устойчивости растений к экстремальным условиям среды / Г. В. Удовенко, Э. А. Гончарова // С.-х. биология. – 1989. – № 1. – С. 18–24.
4. Вечар, А. С. Фізіялогія і біяхімія бульбы / А. С. Вечар, М. М. Ганчарык. – Мінск : Навука і тэхніка, 1979. – 296 с.
5. Stark, J. C. Relationship between foliage temperature and water stress in potatoes / J. C. Stark, J. L. Wright // American Journal of Potato Research. – 1985. – № 62. – P. 57–68.
6. Burton, W. G. Challenges for stress physiology in potato / W. G. Burton // American Potato Journal. – 1985. – № 58. – P. 3–14.
7. Iritani, W. M. Growth and pre-harvest stress and processing quality of potatoes / W. M. Iritani // American Potato Journal. – 1981. – № 58. – P. 71–80.
8. MacKerron, D. K. L. The influence of early soil moisture stress on tuber numbers in potato / D. K. L. MacKerron, R. A. Jefferies // Potato Research. – 1986. – № 29. – P. 299–312.
9. Miller, D. E. Effect of declining or interrupted irrigation on yield and quality of three potato cultivars grown on sandy soil / D. E. Miller, M. W. Martin // American Potato Journal. – 1987. – № 64. – P. 109–117.
10. Росс, В. Биометрические измерения в посевах сельскохозяйственных культур / В. Росс, Ю. Росс. – М. : ВАСНИЛ, 1969. – 25 с.
11. Методика исследований по культуре картофеля / ВНИИ картофельного хозяйства ; редкол.: Н. С. Бацанов [и др.]. – М., 1967. – 265 с.
12. Методические указания по массовой оценке селекционного материала картофеля на засухоустойчивость на основе измерения электрического сопротивления тканей листа (ЭСЛ) / Россельхозакадемия, ВНИИКХ, 2000. – 20 с.
13. Журбицкий, Т. Н. Теория и практика вегетационного метода / Т. Н. Журбицкий. – Л., 1980. – 170 с.
14. Петухов, С. М. Экспресс-метод оценки засухоустойчивости картофеля / С. М. Петухов, В. В. Мансуров, С. М. Мусин // Картофель и овощи. – 2000. – № 6. – С. 11.
15. Петербургский, А. В. Практикум по агрономической химии / А. В. Петербургский. – М. : Колос, 1981. – 495 с.
16. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М. : Колос, 1985. – 416 с.

Поступила в редакцию 23.12.2020 г.

D. D. FITSURO, V. L. MAHANKO, V. A. SERDYUKOV, D. S. GASTILO

**INFLUENCE OF SOIL DROUGHT DURING THE GROWING  
SEASON ON PRODUCTIVITY OF POTATOES VARIETIES  
AND HYBRIDS**

**SUMMARY**

*According to the research results in 2017–2019, samples were identified that under conditions of moisture lack during the growing season reduced productivity to a lesser extent: in the group of medium – early Mastak (092924-52) in 2017 – 16.2 %, and in 2018 – 41.0 %; in the group of medium – Vodar (8875-7) – 20.9 %, Bayarski (8975-11) – 39.8 %, Garantiya (8662-13) – 41.9 %.*

*Key words:* potatoes, variety, hybrid, drought resistance, soil moisture capacity, greenhouse-«drought», open ground, productivity, starch, Belarus.

## РАЗДЕЛ 2

### ГЕНЕТИКА КАРТОФЕЛЯ

УДК 635.21:631.524.86.01:631.527.8

<https://doi.org/10.47612/0134-9740-2020-28-37-44>

**Д. В. Башко, А. В. Чашинский, Т. В. Семанюк, И. А. Михалькович**

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук

Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»,

аг. Самохваловичи, Минский район

E-mail: Missis.minzer@mail.ru

#### **ТЕСТИРОВАНИЕ МЕЖВИДОВЫХ ГИБРИДОВ КАРТОФЕЛЯ ПО НАЛИЧИЮ ДНК-МАРКЕРОВ ГЕНОВ УСТОЙЧИВОСТИ К ПАТОГЕНАМ**

##### **РЕЗЮМЕ**

*В данной работе представлены результаты тестирования межвидовых гибридов картофеля по наличию генов устойчивости к фитофторозу, золотистой картофельной нематоды, бледной картофельной нематоды и раку картофеля. Особой селекционной ценностью характеризуются образцы 50-12-14, 50-12-4, 50-12-2, 143-14-1, 178-14-17, обладающие высокой насыщенностью маркерами генов устойчивости к патогенам.*

*Ключевые слова:* картофель, ПЦР, ДНК-маркер, устойчивость, межвидовой гибрид, фитофтороз, золотистая картофельная нематода, бледная картофельная нематода, рак картофеля.

##### **ВВЕДЕНИЕ**

Фитофтороз картофеля, вызываемый оомицетом *Phytophthora infestans* (Mont.) de Byar, в Республике Беларусь по праву считается одной из наиболее вредоносных болезней картофеля. В годы с сильным поражением ботвы и клубней урожай может снижаться на 50–80 %. Нематодные болезни (фитогельминтозы) также значительно снижают урожайность картофеля, семенные и товарные качества клубней, резко увеличивают отходы картофеля при хранении [1]. Создание исходного материала и далее на его основе сортов, обладающих высокой степенью устойчивости к патогенам, является актуальной задачей. Ее перспективность зависит от вовлечения в селекционный процесс диких и культурных видов картофеля, являющихся богатейшими источниками устойчивости картофеля к болезням, вредителям и экстремальным факторам внешней среды [2–6].

Однако использование диких и культурных видов картофеля для создания исходного материала приводит к затягиванию селекционного процесса. Классическая схема селекции картофеля включает ежегодный отбор наиболее перспективных гибридов на основе фенотипической оценки. Всесторонняя их оценка в полевых и лабораторных условиях приводит к уменьшению изучаемого материала и отбору наиболее перспективных образцов. Продолжительность такого селекционного цикла в среднем составляет

8–10 лет. С учетом того, что многие полученные межвидовые гибриды несут в себе ряд отрицательных признаков, свойственных сородичам культурного картофеля (позднеспелость, длинные столоны, мелкие клубни, плохие кулинарные качества и др.), и необходимости их устранения путем использования насыщающих скрещиваний, создание доноров устойчивости может затянуться на несколько селекционных циклов. Так, на получение перспективной исходной формы, начиная с момента вовлечения образцов диких видов в селекционный процесс, может уйти не менее 25 лет [7]. Использование достижений молекулярной генетики при создании нового исходного материала картофеля позволит усовершенствовать процесс отбора перспективных образцов и сократить время их создания.

Целью наших исследований явилось тестирование на наличие ДНК-маркеров генов устойчивости к фитофторозу, нематоде, раку картофеля перспективных межвидовых гибридов картофеля.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Материалом для исследований служил 21 межвидовой гибридов, полученный в лаборатории генетики картофеля РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству». Данные образцы, созданные на основе диких видов картофеля *S. bulbocastanum*, *S. polyadenium* и *S. etuberosum*, обладают комплексом хозяйственно ценных признаков [8].

Выделение геномной ДНК из клубней картофеля осуществляли с помощью наборов реагентов для выделения ДНК «Нуклеосорб» комплектация «С» производства фирмы «Праймтех» (Республика Беларусь) согласно протоколу производителя. Качество полученной ДНК определяли с помощью ПЦР-реакции с праймерами ВСН, являющимися внутренним положительным контролем, амплифицирующимся у любых образцов картофеля.

Реакцию проводили на амплификаторе Veriti (Applied Biosystems, США). Визуализацию продуктов амплификации осуществляли разделением в 2%-м агароз-гелем, полученным с помощью электрофореза в геле. Для визуализации использовали метилбромид калия (KBr) и метилбромид натрия (NaBr) в качестве красителей. Для детекции использовали метод «DOC-PRINT-VX2» (Applied Biosystems, США).

Для амплификации ДНК использовали набор реагентов «Quick-Load Taq 2X Master Mix» (Applied Biosystems, США) с праймерами, полученными на основе последовательностей генов устойчивости к фитофторозу, нематоде, раку картофеля. Реакцию проводили в 25-микролитровых пробирках с использованием 25 мкл смеси реагентов «Quick-Load Taq 2X Master Mix», 1 мкл ДНК-препарата, 0,5 мкл каждого праймера. Реакцию проводили в термоблокере Veriti (Applied Biosystems, США) с использованием программы: 95°C/2 мин, 30 циклов (94°C/30 сек, 50°C/30 сек, 72°C/1 мин), 72°C/10 мин. Для детекции использовали метод «DOC-PRINT-VX2» (Applied Biosystems, США).

Для амплификации ДНК использовали набор реагентов «Quick-Load Taq 2X Master Mix» (Applied Biosystems, США) с праймерами, полученными на основе последовательностей генов устойчивости к фитофторозу, нематоде, раку картофеля. Реакцию проводили в 25-микролитровых пробирках с использованием 25 мкл смеси реагентов «Quick-Load Taq 2X Master Mix», 1 мкл ДНК-препарата, 0,5 мкл каждого праймера. Реакцию проводили в термоблокере Veriti (Applied Biosystems, США) с использованием программы: 95°C/2 мин, 30 циклов (94°C/30 сек, 50°C/30 сек, 72°C/1 мин), 72°C/10 мин. Для детекции использовали метод «DOC-PRINT-VX2» (Applied Biosystems, США).

Таблица 1 – Характеристика маркеров R-генов устойчивости картофеля к патогенам, использованных в работе

Ген	Устойчивость	Маркер	Праймер (5'-3')	Источник
<i>Rpi-blb 1</i>	К фитофторозу от <i>S. bulbocastanum</i>	BLB1-820	F: AACCTGTATGGCAGTGGCATG R: GTCAGAAAAGGGCASCCTGGTG	Wang, 2008
<i>R1</i>	К фитофторозу от <i>S. demissum</i>	R1	F: CACTCGTGACATATCCTCACA R: GTAGTACCTATCTTATTTCTGCAAGAAT	Khavkin et al., 2010
<i>R3b</i>	К фитофторозу от <i>S. demissum</i>	R3b	F: GTCGATGAATGCTATGTTCTCGAGA R: ACCAGTTCCTTGCAATTCAGATTG	Khavkin et al., 2010
<i>Rpi-sto1</i>	К фитофторозу от <i>S. stoloniferum</i>	517/1519	F: CATTCCAAACCTAGCCATCTTGG R: TATTCAGATCGAAAAGTAC	Wang, 2007
<i>Rpi-sto1</i>	К фитофторозу от <i>S. stoloniferum</i>	1521/518	F: GAAAGTCTAGAGTTACACTGG R: CAATCACAATGGCAGGAACC	Wang, 2007
<i>H1</i>	К <i>Globodera rostochiensis</i>	N146	F: AAGCTCTTGGCCTAGTGCTC R: AGGGGGAACATGCCATG	Takeuchi et al., 2009
<i>H1</i>	К <i>Globodera rostochiensis</i>	N195	F: TGGAAATGGCACCCACTA R: CATCATGGTTTCACTTGTCCAC	Asano et al., 2012
<i>Gpa2</i>	К <i>Globodera pallida</i>	Gpa2-2	F: GCACTTAGAGACTCATCCCA R: ACAGATTGTTGGCAGCGAAA	Asano et al., 2012
<i>Sen1</i>	К <i>Synchytrium endobioticum</i>	NL25	F: TATTGTTAATCGTTACTCCCTC R: AGAGTCGTTTACCAGACTCC	Hehl et al., 1999

устойчивости к фитофторозу от дикого вида *S. stoloniferum* определяли при помощи SCAR-маркеров 517/1519<sub>750</sub> и 1521/518<sub>704</sub>.

Генами, обеспечивающими эффективную защиту от цистообразующих нематод, являются *H1* и *Gpa2*. Для их определения использовали SCAR-маркеры N146<sub>506</sub> и N195<sub>337</sub> для идентификации гена *H1* (*Globodera rostochiensis*) и STS-маркер *Gpa2-2*<sub>452</sub> для определения гена *Gpa2* (*Globodera pallida*).

Одним из основных доминантных генов иммунитета к патотипу 1 рака картофеля является ген *Sen1*. Присутствие доминантной аллели данного гена может быть диагностировано с помощью SCAR-маркера NL25<sub>1400</sub>, созданного на основе сиквенса RFLP-фрагмента с таким же названием.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В результате проведенного молекулярного маркирования 21 межвидового гибрида картофеля по наличию ДНК-маркеров генов устойчивости к фитофторозу, золотистой картофельной нематодой, бледной картофельной нематодой и раку картофеля было установлено, что маркер NL25<sub>1400</sub> (ген *Sen1*) идентифицирован у всех образцов (встречаемость 100 %) (табл. 2).

ДНК-маркер R3b<sub>378</sub> (ген *R3b*) присутствовал у 15 изученных образцов. Его встречаемость составила 71,4 %.

Использованные SCAR-маркеры N146<sub>506</sub> и N195<sub>337</sub> на устойчивость к *Globodera rostochiensis* показали частоту встречаемости 63,2 и 68,4 % соответственно (рис. 1).

Ген *R1*, обеспечивающий защиту картофеля от штаммов *Phytophthora infestans*, относящихся к первой группе авирулентности *Avr1* (A1 тип спаривания), был выявлен у 7 межвидовых гибридов. Частота встречаемости составила 33,3 % (рис. 2).

Маркеры (517/1519<sub>750</sub> и 1521/518<sub>704</sub>) на гены устойчивости к фитофторозу показали низкую частоту встречаемости – 14,3 и 28,6 % соответственно. И только три образца (14,3 %) несли в себе ген *Rpi-blb 1*.

Очень низкий процент встречаемости (1,1 %) отмечен для ДНК-маркера *Gpa2-2*<sub>452</sub>, определяющего устойчивость к бледной картофельной нематодой (*Globodera pallida*).

Наибольшее количество маркеров отмечено у межвидовых гибридов 50-12-2, 50-12-4 и 50-12-14, полученных на основе соматического гибрида 503-55 (*S. bulbocastanum*) и сорта Манифест. Данные образцы характеризовались наличием маркеров VLB1-820, R1, R3b (за исключением образца 50-12-2), 517/1519, 1521/518. А также у этих гибридов отмечено наличие маркера NL25<sub>1400</sub>. STS-маркер *Gpa2-2*<sub>452</sub> идентифицирован только у образца 50-12-14.

Гибрид 143-14-1, полученный при скрещивании соматического гибрида 501-48 (*S. bulbocastanum*) с сортом Манифест, и форма 178-14-17, созданная с использованием соматического образца 0701-52 (*S. polyadenium*) и гибрида 8492-1, содержат гены устойчивости к фитофторозу *R1*, *R3b*, *Rpi-sto1* и ген *Sen1*. ДНК-маркер N195<sub>337</sub> выявлен у гибрида 143-14-1, а у формы 178-14-17 – STS-маркер *Gpa2-2*<sub>452</sub>.

У межвидового гибрида 61-14-9, полученного на основе дикого вида *S. etuberosum* и культурного вида *S. andigenum*, диагностировали два маркера R1<sub>1205</sub> и 1521/518<sub>704</sub>, отвечающих за устойчивость к фитофторозу, и один маркер NL25<sub>1400</sub> (устойчивость к раку картофеля).

Остальные изученные образцы характеризовались наличием одного из ДНК-маркеров, сцепленных с генами устойчивости к фитофторозу. Это формы: 147-09-4, 147-09-9, 155-13-3, 155-13-4, 155-13-16, 178-14-8, 178-14-23, 178-14-27, 42-13-7, 42-13-38 с маркером R3b<sub>378</sub> и 166-14-7 с маркером R1<sub>1205</sub>. Кроме того, данные гибриды обладали



РАЗДЕЛ 2. ГЕНЕТИКА КАРТОФЕЛЯ

Таблица 2 – Результаты молекулярного скрининга генов устойчивости к фитофторозу, золотистой и бледной картофельным нематодам, раку картофеля у межвидовых гибридов

Межвидовой гибрид	Маркер (ген)									
	BLB1-820 ( <i>Rpi-blb1</i> )	R1 <sub>1205</sub> ( <i>RI</i> )	R3b <sub>378</sub> ( <i>R3b</i> )	517/1519 <sub>750</sub> ( <i>Rpi-sto1</i> )	1521/518 <sub>704</sub> ( <i>Rpi-sto1</i> )	N146 <sub>506</sub> ( <i>HI</i> )	N195 <sub>337</sub> ( <i>HI</i> )	Gpa2-2 <sub>452</sub> ( <i>Gpa2</i> )	NL25 <sub>1400</sub> ( <i>Sen1</i> )	
107-15-8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+
133-14-4	0	0	+	0	0	-	-	-	-	+
143-14-1	0	+	+	0	+	0	+	0	0	+
147-09-4	0	0	+	0	0	+	+	0	0	+
147-09-9	0	0	+	0	0	+	+	0	0	+
155-13-3	0	0	+	0	0	+	+	0	0	+
155-13-4	0	0	+	0	0	-	-	-	-	+
155-13-16	0	0	+	0	0	+	+	0	0	+
155-13-20	0	0	0	0	0	+	+	0	0	+
166-14-7	0	+	0	0	0	+	+	0	0	+
178-14-8	0	0	+	0	0	+	+	0	0	+
178-14-17	0	+	+	0	+	0	0	+	+	+
178-14-23	0	0	+	0	0	+	+	0	0	+
178-14-27	0	0	+	0	0	+	+	0	0	+
42-13-17	0	0	+	0	0	+	+	0	0	+
42-13-20	0	0	0	0	0	+	+	0	0	+
42-13-38	0	0	+	0	0	+	+	0	0	+
50-12-2	+	+	0	+	+	0	0	0	0	+
50-12-4	+	+	+	+	+	0	0	0	0	+
50-12-14	+	+	+	+	+	0	0	0	0	+
61-14-9	0	+	0	0	+	0	0	0	0	+
Частота встре- чаемости, %	14,3	33,3	71,4	14,3	28,6	63,2	68,4	1,1	100	

Примечание. «+» – маркер выявлен; «0» – маркер не выявлен; «-» – анализ не проводился.

## РАЗДЕЛ 2. ГЕНЕТИКА КАРТОФЕЛЯ

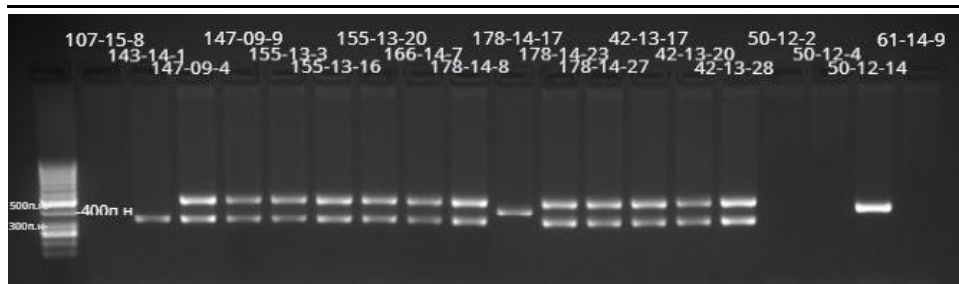


Рисунок 1 – Результаты амплификации маркеров N146<sub>506</sub>, N195<sub>337</sub>, Gra2-2<sub>452</sub> на наличие генов устойчивости *HI* и *Gra2* к нематодам

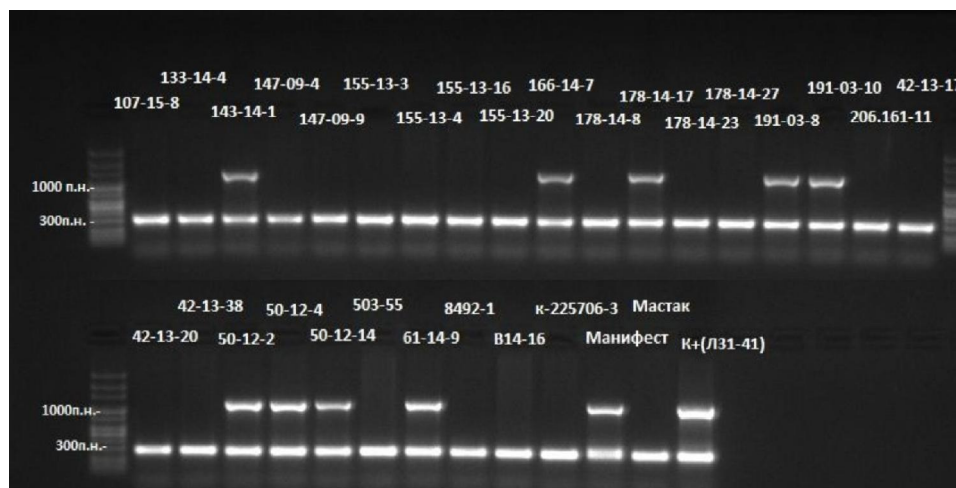


Рисунок 2 – Результаты амплификации маркера R1 на наличие гена устойчивости *R1* к фитофторозу картофеля

SCAR-маркерами N195<sub>337</sub> и N146<sub>506</sub>, определяющими устойчивость к золотистой картофельной нематоде.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований установлено, что частота выявления ДНК-маркеров генов устойчивости к фитофторозу, раку картофеля, золотистой и бледной картофельным нематодам была различной.

Из 21 исследованного межвидового гибрида картофеля максимальное количество маркеров (BLB1-820, R1<sub>1205</sub>, R3b<sub>378</sub>, 517/1519<sub>750</sub>, 1521/518<sub>704</sub>, Gra2-2<sub>452</sub>, NL25<sub>1400</sub>) идентифицировано у образца 50-12-14.

У гибрида 50-12-4 определены 6 маркеров на гены устойчивости к фитофторозу (BLB1-820, R1<sub>1205</sub>, R3b<sub>378</sub>, 517/1519<sub>750</sub>, 1521/518<sub>704</sub>) и раку картофеля (NL25<sub>1400</sub>).

У образцов 50-12-2, 143-14-1, 178-14-17 обнаружено по 5 маркеров на гены устойчивости к фитофторозу (BLB1-820, R1<sub>1205</sub>, R3b<sub>378</sub>, 517/1519<sub>750</sub>, 1521/518<sub>704</sub>), золотистой (N195<sub>337</sub>) и бледной (Gra2-2<sub>452</sub>) картофельным нематодам, раку картофеля (NL25<sub>1400</sub>).

У остальных изученных межвидовых гибридов присутствуют от 2 до 4 ДНК-маркеров на гены устойчивости к фитофторозу, раку картофеля, золотистой и бледной картофельным нематодам.

Полученные данные о наличии ДНК-маркеров генов устойчивости к фитофторозу, нематодам и раку картофеля позволят более эффективно использовать межвидовые гибриды в селекции картофеля.

### Список литературы

1. Иванюк, В. Г. Защита картофеля от болезней, вредителей и сорняков / В. Г. Иванюк, С. А. Банадыев, Г. К. Журомский. – Минск : Белпринт, 2005. – 695 с.
2. Будин, К. З. Значение диплоидных видов картофеля и пути использования их в селекции / К. З. Будин, Н. Ф. Бывако, Л. М. Турулева // Науч.-техн. бюл. ВИР. – Ленинград, 1984. – Вып. 145. – С. 175–182.
3. Колобаев, В. А. Межвидовые гибриды картофеля, подавляющие размножение фитофтороза / В. А. Колобаев // Использование мировых генетических ресурсов ВИР в создании сортов картофеля нового поколения : материалы Всероссийской науч.-координ. конф., посвящ. 100-летию со дня рождения К. З. Будина, Санкт-Петербург, 28–29 июля 2009 г. / Российская акад. с.-х. наук, Вавиловское общество генетиков и селекционеров, Северо-Западный региональный науч. центр Россельхозакадемии, ГНУ ГНЦ РФ «Всерос. науч.-исслед. ин-т растениеводства им. Н. И. Вавилова» РАСХН ; сост. С. Д. Киру. – Санкт-Петербург : ГНУ ГНЦ РФ ВИР им. Н. И. Вавилова, 2009. – С. 50–58.
4. Вовлечение в практическую селекцию межвидового гибридного материала картофеля, созданного на основе редко используемых диких видов картофеля / В. А. Козлов [и др.] // Картофелеводство : сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству ; редкол.: С. А. Турко [и др.]. – Минск, 2013. – Т. 21. – С. 93–103.
5. Подгаецкий, А. А. Генетические ресурсы картофеля / А. А. Подгаецкий // Материалы Междунар. юбилейной науч.-практ. конф., посвящ. 75-летию Ин-та картофелеводства Нац. акад. наук Беларуси, Самохваловичи, 7–10 июля 2003 г. : науч. тр. / Ин-т картофелеводства НАН Беларуси. – Минск, 2003. – С. 108–109.
6. Киру, С. Д. Генетические ресурсы картофеля ВИР – один из главных источников исходного материала для селекции / С. Д. Киру // Материалы Междунар. юбилейной науч.-практ. конф., посвящ. 75-летию Ин-та картофелеводства Нац. акад. наук Беларуси, Самохваловичи, 7–10 июля 2003 г. : науч. тр. / Ин-т картофелеводства НАН Беларуси. – Минск, 2003. – С. 200–206.
7. Козлов, В. А. Схема создания исходного материала на основе дигаплоидов и диких видов картофеля / В. А. Козлов // Картофелеводство : сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству ; редкол.: С. А. Турко (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2016. – Т. 24. – С. 100–106.
8. Чашинский, А. В. Использование соматических гибридов картофеля при создании исходного материала, устойчивого к фитофторозу / А. В. Чашинский, Т. В. Семанюк // Картофелеводство : сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству ; редкол.: В. Л. Маханько (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2020. – Т. 27. – С. 55–63.
9. Allele mining in *Solanum*: conserved homologues of *Rpi-blb1* are identified in *Solanum stoloniferum* / M. Wang [et al.] // Theor. Appl. Genet. – 2008. – Vol. 116. – P. 933–943.
10. Potato resistance to late blight as related to the *R1* and *R3* genes introgressed from *Solanum demissum* / E. Khavkin [et al.] // PPO-Special Report. – 2010. – № 14. – P. 231–238.
11. Wang, M. Diversity and evolution of resistance genes in tuber-bearing *Solanum* species: PhD-thesis / M. Wang. – Wageningen, 2007. – P. 43–58.

12. DNA marker for efficient selection of disease and pests resistance genes in potato (in Japanese) / T. Takeuchi [et al.]. – Hokkaido Nogyo-Shiken-Kaigi-Shiryo, 2009. – P. 1–26.

13. DNA marker-assisted evaluation of potato genotypes for potential resistance to potato cyst nematode pathotypes not yet invading into Japan / K. Asano [et al.] // Breeding Sci. – 2012. – Vol. 62, № 2. – P. 142–150.

14. TMV resistance gene *N* homologues are linked to *Synchytrium endobioticum* resistance to potato / R. Hehl [et al.] // Theor. Appl. Genet. – 1999. – Vol. 98. – P. 379–386.

Поступила в редакцию 07.12.2020 г.

D. V. BASHKO, A. V. CHASHINSKIY, T. V. SEMANYUK,  
I. A. MIHALKOVICH

**POTATOTS INTERSPECIFIC HYBRIDS TESTING  
FOR THE PRESENCE OF DNA MARKERS OF PATAGEN  
RESISTANCE GENES**

**SUMMARY**

*The results of interspecific potatoes hybrids analysis to determine the presence of resistance genes to late blight, potato cyst nematode and potato wart are presented in the article. Hybrids 50-12-14, 50-12-4, 50-12-2, 143-14-1, 178-14-17 are the most valuable due to accumulation more gene specific markers.*

*Key words:* potatoes, PCR, DNA-marker, resistance, interspecific hybrid, late blight, golden potato nematode, pale potato nematode, potato cancer.

УДК 635.21:631.527.42/53:631.524.86

<https://doi.org/10.47612/0134-9740-2020-28-45-50>**В. В. Гордиенко, Н. А. Захарчук, В. С. Коваль**

Институт картофелеводства Национальной академии аграрных наук Украины,  
пгт. Немешаево, Бородянский район, Киевская область, Украина  
E-mail: upri@visti.com

## **ИЗУЧЕНИЕ МАТЕРИАЛА ПЕРВИЧНЫХ И ВТОРИЧНЫХ МЕЖВИДОВЫХ ГИБРИДОВ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ФИТОФТОРОЗУ КЛУБНЕЙ**

### **РЕЗЮМЕ**

Представлены результаты исследований по оценке устойчивости к фитофторозу с использованием искусственного инфицирования клубней инокулюмом гриба *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, комбинаций первичных и вторичных межвидовых гибридов, созданных с участием диких, культурных видов картофеля.

Среди комбинаций первичных межвидовых гибридов выделены П18 (*I<sub>1</sub> S. boergeri / S. chacoense*) и П16 (*I<sub>1</sub> S. pinnatisectum / S. chacoense*) с высоким среднепопуляционным проявлением устойчивости к патогену – 4,0 и 3,4 балла соответственно. Количество образцов с устойчивостью выше 7 баллов в этих комбинациях составляло 19,0 и 9,7 %.

В материале вторичных межвидовых гибридов наблюдалось повышение (относительно первичных межвидовых гибридов) среднепопуляционной устойчивости к фитофторозу клубней – от 4,7 до 7,8 балла. В комбинациях В54 (В9с23 / В35с50) и В52 (В44с51 / В37с55) этот показатель соответственно составлял 7,8 и 7,0 балла. Количество форм с резистентностью выше 7 баллов находилось на уровне от 25,0 % в комбинации В59 до 88,0 % в гибридной популяции В54.

**Ключевые слова:** картофель, фитофтороз, дикие виды, первичные и вторичные межвидовые гибриды, гибридизация.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Оомицет *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary (возбудитель фитофтороза картофеля) уже более полутора веков привлекает пристальное внимание исследователей из разных стран. Внезапно появившись в Европе в середине XIX в., фитофтора вызвала эпидемию картофеля и осталась в памяти многих поколений. С этого времени ее часто называют «гриб ирландского голода» [1].

В конце XX в. в Европе появился второй тип половой совместимости возбудителя фитофтороза, что привело к изменениям в его биологии и повышению экологической пластичности, адаптивности и агрессивности патогена. Так как контроль заболевания агрохимическими методами достаточно дорогостоящий, основные усилия в борьбе с ним направлены на создание устойчивых сортов [2].

Высокая генетическая изменчивость и патогенность возбудителя фитофтороза способна преодолевать устойчивость сортов, что приводит к эволюционным изменениям природных популяций и появлению новых штаммов с высокой адаптивностью и агрессивностью. Метод биологической защиты (выращивание устойчивых сортов) является экономически эффективным и экологически безопасным элементом в системе

интегрированной защиты от фитофтороза, роль которого с каждым годом растет. Устойчивые сорта являются мощным фактором, который вызывает депрессию развития патогена, обеспечивает многолетний эффект стабильного улучшения фитосанитарного состояния полей и получения гарантированного урожая. Для сохранения устойчивости новых сортов картофеля на более длительный срок необходимо привлечение в селекционный процесс сложных многовидовых гибридов, имеющих широкую генетическую основу, что позволяет повысить адаптивность к различным почвенно-климатическим условиям и инфекциям [3].

Учитывая отсутствие в пределах *S. tuberosum* эффективных генов контроля признака, единственным путем создания устойчивых к патогенам сортов является интрогрессия в них ценных генов диких и культурных видов. Дикие и культурные виды, а также сложные межвидовые гибриды, полученные на их основе, являются генетическими источниками устойчивости к различным патогенам и стрессовым факторам окружающей среды. До середины 70-х гг. XX в. основным источником устойчивости к фитофторозу был гексаплоидный вид *Solanum demissum*, от которого в культурный картофель были переданы 11 основных R-генов вертикальной устойчивости [4]. Эти гены обеспечивают только распецифическую устойчивость, которая была довольно быстро преодолена патогеном. Позже были обнаружены R-гены устойчивости к фитофторозу от других видов картофеля, в том числе и гены мексиканского диплоидного вида *S. bulbocastanum* [5].

Селекция на фитофтороустойчивость в современных условиях требует привлечения генетически разнообразного исходного материала. Эффективными источниками для повышения фитофтороустойчивости при использовании в селекционной работе являются диплоидные виды *S. stoloniferum*, *S. chacoense* [6], *S. simplicifolium*, *S. polytrichom*, *S. verrucosum* [7].

Целью исследования является создание первичных и вторичных межвидовых гибридов и выделение среди них источников устойчивости к фитофторозу клубней.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

В качестве материала для исследований служили гибридные комбинации, полученные с использованием родительских форм различного происхождения. Полученные первичные и вторичные межвидовые гибриды оценивали методом искусственного заражения, используя инокулюм гриба *Phytophthora infestans*. Проявление устойчивости определяли по 9-балльной шкале, где 1 балл – устойчивость очень низкая (поражено более 75 % ткани клубня), 9 баллов – устойчивость очень высокая (симптомы болезни отсутствуют) [8].

#### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Изучение мирового генофонда картофеля предполагает поиск источников фитофтороустойчивости и выделение форм с высокими показателями резистентности в сочетании с другими важными селекционными признаками.

Эффективный поиск источников фитофтороустойчивости клубней среди образцов диких видов проводится при применении искусственного заражения их половинок. Использование метода оценки позволяет выявить действие всех механизмов проявления признака: устойчивость против проникновения, распространения, размножения гриба. По результатам исследований определена перспективность выделенных форм, устойчивых к проникновению инфекции, для селекционной практики.

Для выделения форм, устойчивых к фитофторозу клубней, провели искусственное заражение инокулюмом *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary материала первичных

## РАЗДЕЛ 2. ГЕНЕТИКА КАРТОФЕЛЯ

межвидовых гибридов 11 комбинаций скрещивания общим количеством 211 генотипов. Лучшие гибридные популяции представлены в таблице 1.

Среди первичных межвидовых гибридов со средним проявлением устойчивости к проникновению гриба выделена комбинация П18 ( $I_1$  *S. boegeri* / *S. chacoense*) – 4,0 балла. Балл устойчивости к проникновению патогена более 7 имели 19 % образцов этой комбинации. В комбинации П16 ( $I_1$  *S. pinnatisectum* / *S. chacoense*) среднее значение показателя составляло 3,4 балла и 9,7 % форм имели устойчивость против проникновения гриба 8–9 баллов.

Одним из этапов интрогрессии ценных аллелей контроля фитофтороустойчивости диких видов картофеля в исходный селекционный материал является получение вторичных межвидовых гибридов с высоким выражением свойства. С использованием искусственного заражения клубней инокулюмом гриба *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary по устойчивости к фитофторозу клубней оценены 7 комбинаций вторичных межвидовых гибридов в количестве 157 генотипов. Результаты оценки приведены в таблице 2.

Для создания вторичных межвидовых гибридов были привлечены дикие виды *S. catarrhrum* ( $2n = 24$ ), *S. pinnatisectum* ( $2n = 24$ ), *S. chacoense* ( $2n = 24$ ), *S. berthaultii* ( $2n = 24$ ), *S. stoloniferum* ( $2n = 24$ ), *S. megistacrolobum* ( $2n = 24$ ), *S. sparsipillum* ( $2n = 24$ ), *S. andigenum* ( $2n = 48$ ), сорта Омега и Невская.

Среди созданного материала выделяются комбинации со среднепопуляционным баллом к проникновению гриба от 4,7 до 7,8. Наибольшее значение показателя было у комбинаций В54 (В9с23 / В35с50) – 7,8 балла и В52 (В44с51 / В37с55) – 7,0 балла. Доля форм с резистентностью выше 7 баллов составила от 25 % в комбинации В59 до 88 % в комбинации В54. Наиболее ценным фактом является выделение материала без признаков поражения болезнью. Количество форм с устойчивостью 9 баллов составило 12 % в комбинации В54 и 17 % – В53. Эти образцы являются наиболее перспективными для создания исходного селекционного материала.

По сравнению с устойчивостью к проникновению гриба, среднепопуляционная устойчивость к его распространению была выше на 0,4–1,8 балла и составила 6,5–8,3 балла. Значительно выше была устойчивость к размножению патогена. Наиболее низкое среднепопуляционное значение данного показателя имели образцы комбинации В61 (В9с29 / В31с18) – 7,5 балла. Самое высокое (9 баллов) наблюдалось среди потомства комбинации В54 (В9с23 / В35с50).

Для привлечения в селекционный процесс в качестве родительских форм с высокой устойчивостью к фитофторозу клубней рекомендуются первичные и вторичные межвидовые гибриды П76с5, П76с8, П76с48 ( $I_1$  *S. boegeri* / *S. chacoense*), П73с17, П73с16,

Таблица 1 – Устойчивость первичных межвидовых гибридов к фитофторозу клубней

Номер комбинации	Происхождение	Оценено, шт.	Средний балл устойчивости к		
			проникновению	распространению	размножению
П18	$I_1$ <i>S. boegeri</i> / <i>S. chacoense</i>	32	4,0	5,8	7,4
П16	$I_1$ <i>S. pinnatisectum</i> / <i>S. chacoense</i>	21	3,4	5,7	8,3
П13	$I_1$ <i>S. catarrhrum</i> / <i>S. chacoense</i>	32	3,1	4,9	7,9
П15	$I_1$ <i>S. pinnatisectum</i> / <i>S. chacoense</i>	34	3,0	4,3	4,6

РАЗДЕЛ 2. ГЕНЕТИКА КАРТОФЕЛЯ

Таблица 2 – Устойчивость образцов вторичных межвидовых гибридов к фитофторозу клубней

Номер комбинации	Происхождение	Оценено, шт.	Средний балл устойчивости к		
			проникновению	распространению	размножению
B59	I <sub>1</sub> <i>S. catarrhrum</i> / B37c4 ( <i>S. megistaerolobum</i> / <i>S. sparsipillum</i> // <i>S. chacoense</i> / <sub>3</sub> Невська)	28	4,7	6,5	8,4
B50	I <sub>1</sub> <i>S. catarrhrum</i> / B39c10 ( <i>S. chacoense</i> / <i>S. catarrhrum</i> // <i>S. simplicifolium</i> / <sub>3</sub> Омега)	31	7,0	8,0	8,5
B61	B9c29 ( <i>S. stoloniferum</i> / <i>S. stoloniferum</i> // <i>S. catarrhrum</i> ) / B31c18 ( <i>S. megistaerolobum</i> / <i>S. sparsipillum</i> // <i>S. chacoense</i> / <sub>3</sub> Невська)	19	5,7	7,0	7,5
B53	B9c23 ( <i>S. stoloniferum</i> / <i>S. stoloniferum</i> // <i>S. catarrhrum</i> ) / B34c18 ( <i>S. megistaerolobum</i> / <i>S. sparsipillum</i> // <i>S. chacoense</i> / <sub>3</sub> Омега)	16	6,0	7,5	8,0
B54	B9c23 ( <i>S. stoloniferum</i> / <i>S. stoloniferum</i> // <i>S. catarrhrum</i> ) / B35c50 ( <i>S. megistaerolobum</i> / <i>S. sparsipillum</i> // <i>S. chacoense</i> / <sub>3</sub> Омега)	25	7,8	8,3	9,0
B52	B44c51 ( <i>S. chacoense</i> / <i>S. catarrhrum</i> // <i>S. berthaultii</i> / <sub>3</sub> Невська) / B37c55 ( <i>S. megistaerolobum</i> / <i>S. sparsipillum</i> // <i>S. chacoense</i> / <sub>3</sub> Невська)	20	6,9	7,3	8,8
B51	B44c51 ( <i>S. chacoense</i> / <i>S. catarrhrum</i> // <i>S. berthaultii</i> / <sub>3</sub> Невська) / B31c18 ( <i>S. megistaerolobum</i> / <i>S. sparsipillum</i> // <i>S. chacoense</i> / <sub>3</sub> Невська)	18	6,9	7,5	8,4

П73c30 (I<sub>1</sub> *S. pinnatisectum* / *S. chacoense*), П70c11, П70c21, П70c23, П70c24, П70c31, П70c36 (I<sub>1</sub> *S. catarrhrum* / *S. chacoense*), B59c42, B59c43 (I<sub>1</sub> *S. catarrhrum* / B37c4), B50c16, B50c19, B50c44 (I<sub>1</sub> *S. catarrhrum* / B39c10), B51c1, B51c26, B51c28 (B44c51 / B31c18), B52c11, B52c23, B52c24, B52c29 (B44c51 / B37c55), B53c1, B53c11, B53c17, B53c23 (B9c23 / B34c18), B54c13, B54c14 (B9c23 / B35c50), в которых проявление признака превышало 7 баллов.

Привлечение к межвидовой гибридизации выделенных форм, устойчивых против фитофтороза, позволит интрогрессировать ценные гены в исходный селекционный материал. В дальнейшем планируется использование данного материала в беккроссировании с целью объединения резистентности к патогену и высоких показателей хозяйственно ценных признаков.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Установлено значительное отличие комбинаций скрещивания по среднему значению устойчивости к фитофторозу клубней.

2. Выделенные комбинации со значительной частотой относительно устойчивых форм, а в отдельных случаях даже без симптомов поражения свидетельствуют о возможности выделения первичных и вторичных межвидовых гибридов для создания исходного селекционного материала по изучаемому признаку.



3. Для привлечения в селекционную практику выделены формы с устойчивостью к патогену 7 баллов и выше.

#### Список литературы

1. Еланский, С. Н. Популяции возбудителя фитофтороза картофеля в России / С. Н. Еланский, Ю. Т. Дьяков, Д. И. Милютина // Картофелеводство России: актуальные проблемы науки и практики : материалы Междунар. конгресса «Картофель. Россия – 2007 г.». – М., 2007. – С. 103–111.
2. Воронкова, Е. В. Оценка диплоидной расщепляющейся гибридной популяции с целью изучения генетического контроля и маркирования нового гена устойчивости к фитофторозу, интродуцированного от *Solanum bulbocastanum* / Е. В. Воронкова, Ю. В. Полухович, О. В. Маханько // Картофелеводство : сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству. – Минск, 2013. – Т. 21, ч. 1. – С. 72–83.
3. Евдокимова, З. З. Результаты селекции картофеля на устойчивость к возбудителю *Ph. Infestans* (Mont.) de Bary в ГНУ «Ленинградской НИИСХ «Белогорка» Россельхозакадемии / З. З. Евдокимова, Т. А. Данилова, С. М. Сеницына // Картофелеводство : сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству. – Минск, 2011. – Т. 19. – С. 43–51.
4. Hammond-Kosack, K. E. Deciphering plant-pathogen communication: fresh perspectives for molecular resistance breeding / K. E. Hammond-Kosack, J. E. Parker // Curr. Opin. Biotechnol. – 2003. – Vol. 14. – P. 177–193.
5. Van der Vossen, E. Resistance to late blight in *S. bulbocastanum* confers broad-spectrum resistance to *Phytophthora infestans* in cultivated potato and tomato / E. Van der Vossen // Plant J. – 2003. – Vol. 36. – P. 867–882.
6. Козлов, В. А. Результаты работы по созданию исходного материала картофеля / В. А. Козлов, Н. В. Русецкий, А. В. Чашинский // Картофелеводство : сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству. – Минск, 2007. – Т. 12. – С. 153–165.
7. Мировая коллекция картофеля ВИР как один из основных источников исходного материала для создания сортов картофеля нового поколения / С. Д. Киру [и др.] // Картофелеводство : материалы науч.-практ. конф. и координ. совещания «Современные тенденции и перспективы развития селекции и семеноводства картофеля» (к 80-летию ВНИИКХ). – М., 2011. – С. 44–49.
8. Методичні рекомендації щодо проведення досліджень з картоплею / УААН, Ін-т картоплярства. – К. : Аграр. наука, 2002. – 183 с.

Поступила в редакцию 18.01.2021 г.

V. V. GORDIENKO, N. A. ZAHARCHUK, V. S. KOVAL

### RESEARCH OF THE MATERIAL OF PRIMARY AND SECONDARY INTERSPECIFIC HYBRIDS FOR TUBERS RESISTANCE TO LATE BLIGHT

#### SUMMARY

*The research results of the assessment of late blight resistance, using artificial inoculation of tubers with fungal inoculum *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary,*

*combinations of primary and secondary interspecific hybrids created with the participation of wild, cultivated potatoes species are focused in the article.*

*Among the combinations of primary interspecific hybrids, P18 ( $I_1$  *S. boegeri* / *S. chacoense*) and P16 ( $I_1$  *S. pinnatisectum* / *S. chacoense*) with a high average population manifestation of resistance to the pathogen – 4.0 and 3.4 points, respectively were distinguished. The number of samples with resistance above seven points in these combinations was 19.0 % and 9.7 %.*

*In the material of secondary interspecific hybrids, an increase (relative to primary interspecific hybrids) of the average population resistance to late blight of tubers was observed – from 4.7 to 7.8 points. In the combinations B54 (B9c23 / B35c50) and B52 (B44c51 / B37c55), this indicator was 7.8 and 7.0 points, respectively. The proportion of forms with resistance above seven points reached from 25.0 % in combination B59 to 88.0 % in combination B54.*

*Key words: potatoes, late blight, wild varieties, primary and secondary interspecific hybrids, hybridization.*

УДК 581.1:633/635; 633/635:58

<https://doi.org/10.47612/0134-9740-2020-28-51-56>**Е. М. Кабачевская, Т. А. Гапеева, А. А. Смирнов,  
А. Ю. Мисюкевич, С. В. Суховеева, И. Д. Волотовский**

ГНУ «Институт биофизики и клеточной инженерии Национальной академии наук Беларуси», г. Минск

E-mail: kabachevskaya@ibp.org.by

**БАЗАЛЬНЫЙ УРОВЕНЬ ЭКСПРЕССИИ ГЕНОВ  
ФЕРМЕНТОВ МЕТАБОЛИЗМА КОРИЧНОЙ КИСЛОТЫ  
В ЛИСТЬЯХ РАСТЕНИЙ КАРТОФЕЛЯ *IN VITRO* СОРТОВ  
БЕЛОРУССКОЙ СЕЛЕКЦИИ****РЕЗЮМЕ**

*Разработаны уникальные ген-специфические праймеры для оценки уровня экспрессии генов метаболизма коричной кислоты в клетках листьев картофеля. Проведена оценка базального уровня относительной экспрессии генов тирамин-гидроксициннамол-трансферазы (ТНТ) и циннамат 4-гидроксилазы (С4Н). Обсуждается наличие корреляционных связей между уровнем экспрессии изученных генов и устойчивостью картофеля к таким заболеваниям, как фитофтороз, ризоктониоз, парша обыкновенная, черная ножка.*

*Ключевые слова:* сорта картофеля, метаболизм коричной кислоты, фенилпропаноиды, экспрессия генов.

**ВВЕДЕНИЕ**

Отличительной особенностью любого растительного организма является образование, функционирование и накопление в его тканях вторичных метаболитов. В отличие от первичных, отсутствие вторичных метаболитов не обязательно приводит к быстрой гибели растения. Однако в долгосрочной перспективе нарушение нормального режима вторичного метаболизма приводит к снижению устойчивости растения к действию неблагоприятных факторов внешней среды, уменьшению их выживаемости и продуктивности.

Среди множества вторичных метаболитов, синтезируемых в растениях, важное место занимают коричная кислота (КК) и ее производные. Их образование характерно практически для всех видов растений, так как они выполняют ряд важных функций в растительной клетке. Среди таких функций можно назвать синтез лигнина, мощную антиоксидантную активность, а также антимикробную активность [1].

КК представляет собой жирно-ароматическую ненасыщенную карбоновую кислоту группы фенилпропаноидов, синтезируется в шикиматном цикле из аминокислоты фенилаланина с помощью фермента фенилаланинаммиаклиаза (ФАЛ), а также является предшественником других важных биологически активных молекул, таких как оксикоричные кислоты (их синтез обеспечивается скоординированной работой таких ферментов, как циннамат 4-гидроксилазы – С4Н и 4-кумарат-коэнзим А-лигазы – 4СL) и лигнин – важнейший структурный элемент клеточной стенки. Важные функции в жизнедеятельности растений могут также играть такие продукты метаболизма КК,

как амиды оксикоричных кислот. Несмотря на то, что в целом роль этих соединений далека от понимания, имеются сведения об их связи с развитием защитных реакций растений. Например, ферулоилтирамин, за синтез которого отвечает фермент тирамин-гидроксициннамил-трансфераза (ТНТ), накапливается в участках клеточной стенки клеток, граничащих с участками проникновения инфекции в перидерму клубней картофеля. Предполагается также, что ферулоилтирамин придает растениям картофеля устойчивость к фитофторозу [2, 3]. В ответ на инфицирование *Phytophthora infestans* наблюдается индукция накопления в листьях картофеля и ряда других амидов коричной кислоты [2, 4].

КК и ее метаболизм – важный объект научных исследований, и в последние годы интерес к ним растет. Эти соединения представляются достаточно перспективными для сельского хозяйства регуляторами роста и развития растений, модуляторами устойчивости к фитопатогенным микроорганизмам. Актуальным является изучение сортоспецифических особенностей функционирования генов, кодирующих ферменты, катализирующие различные реакции метаболизма КК. Кроме того, интересным направлением использования КК является наличие синергизма в действии системы КК и антиинфекционных агентов, особенно фунгицидов, что позволяет уменьшить добавление фунгицида в почву [5]. Перспективным направлением является также разработка биомаркеров метаболитов КК с целью использования в селекции сортов картофеля с повышенным содержанием данных метаболитов, например, хлорогеновой кислоты, интересной тем, что обладает мощной антиоксидантной активностью и не разрушается при термической обработке.

В связи с вышесказанным целью данной работы было выявление особенности функционирования генов, ассоциированных с метаболизмом КК, в клетках растений различных сортов картофеля белорусской селекции, а также оценка наличия возможных корреляционных связей между устойчивостью сортов и уровнем относительной экспрессии изучаемых генов.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

В качестве объектов исследования использовались растения картофеля *in vitro* сортов белорусской селекции, различающиеся по устойчивости к фитофторозу, которые выращивали в условиях лабораторных световых комнат при температуре 18–23 °С с 16/8-часовым фотопериодом (200 мкм м-2 с-1; лампы LF 35W/54-765, Philips, Польша) на агаризованных питательных средах.

Общую РНК выделяли из тканей листьев растений картофеля (100 мг на образец) с помощью TRI Reagent (Sigma, Германия) в соответствии с протоколом производителя. Образцы РНК (2 мкг) обрабатывали свободной от РНКаз ДНКазой (Thermo Fisher Scientific), а затем проводили обратную транскрипцию. Реакционная смесь для синтеза кДНК содержала 200 ед. обратной транскриптазы RevertAid™ M-MuLV, случайные (random) гексамерные праймеры (0,2 мкг), 0,1 мМ дНТФ, 20 ед. ингибитора рибонуклеаз RiboLock (Thermo Fisher Scientific) в общем объеме реакционной смеси 20 мкл.

Ген-специфические ПЦР-праймеры для генов метаболизма коричной кислоты были разработаны при помощи программного обеспечения Primer-BLAST (NCBI). ПЦР-праймеры были синтезированы фосфорамидитным методом с использованием ДНК-синтезатора MerMade-4 (Bioautomation, США).

ПЦР проводился на термоциклере CFX96 Touch™ Real-Time PCR Detection System (Bio-Rad, США) с использованием набора Luna® Universal qPCR Master Mix производства Thermo Fisher Scientific Baltics («Ферментас», Литва). Реакционная смесь для ПЦР

## РАЗДЕЛ 2. ГЕНЕТИКА КАРТОФЕЛЯ

содержала также специфические олигонуклеотидные праймеры (6–12 пмоль на реакцию), кДНК-матрицу в количестве, соответствующем 100 нг тотальной РНК. Программа для термоциклера была следующей: 95 °С – 5 мин; {94 °С – 30 с, 57–59 °С – 30 с, 72 °С – 30 с}40 циклов; 72 °С – 7 мин. Скорость изменения температуры – 1 °С/с.

Для подтверждения специфичности праймеров по отношению к кДНК изучаемых генов определяли нуклеотидные последовательности ПЦР-продуктов, полученных с использованием дизайнированных праймеров, методом автоматического секвенирования с использованием генетического анализатора флуоресцентно-меченых фрагментов ДНК, разделяемых методом капиллярного гель-электрофореза, ABI PRISM 310 (Applied Biosystems, США).

Оценку экспрессии генов на транскрипционном уровне и статистический анализ результатов проводили с использованием пакета программ REST-MCS. В качестве гена-нормализатора использовали ген фактора элонгации картофеля *ef1α* (AB061263) и следующие праймеры: 5'-ATTGGAAACGGATATGCTCCA (EF1S), 5'-TCSTTACCTGAACGCCTGTCA (EF1A) [6].

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для проведения ПЦР в режиме реального времени и оценки генной экспрессии на транскрипционном уровне генов метаболизма КК – ФАЛ, С4Н, 4CL, ТНТ были сконструированы ген-специфические праймеры, необходимые для оценки уровня экспрессии в сортах картофеля с различной устойчивостью к инфекционным заболеваниям. В результате конструирования праймеров с помощью алгоритма параметров пакета программ «Primer-BLAST» для опубликованных в базе данных NCBI последовательностей соответствующих генов было отобрано 8 пар праймеров (по 2 пары для каждого гена), которые были синтезированы и проанализированы на матрицах ДНК и кДНК на соответствие их ампликонов теоретически рассчитанным размерам, специфичность связывания с матрицами исследуемых генов путем секвенирования ампликонов, а также их эффективность в ПЦР. В результате для дальнейшей работы были отобраны пары праймеров, наиболее специфичные и эффективные (табл. 1). Основные, теоретически рассчитанные характеристики ампликонов, получаемых с помощью дизайнированных праймеров, представлены в таблице 2.

Далее с использованием отобранных пар праймеров был проведен ПЦР-анализ относительного уровня экспрессии генов ТНТ и С4Н в клетках листьев растений *in vitro* сортов картофеля белорусской селекции, различающихся по баллам устойчивости к действию различных фитопатогенов: Одиссей, Ветразь, Карсан, Гармония, Скарб (табл. 3).

Таблица 1 – Ген-специфические ДНК-праймеры, рассчитанные для генов метаболизма коричной кислоты растений картофеля

Название ДНК-праймера	Олигонуклеотидная последовательность ДНК-праймера	Название гена, к которому рассчитан ДНК-праймер
PALS1	AACSTATCTCGTGGCGCTTT	ФАЛ
PALA1	CACGTATTCCTGTCCACGA	ФАЛ
C4HS1	ACCAAGAGCATGGACAGCAA	С4Н
C4HA1	CTAGTTCGCGATACCCAC	С4Н
4CLS2	GATTAGCACGACCGCAAACC	4CL
4CLA2	AACTCCGCGAACTAAGGCA	4CL
THTS1	TCCGTCTCGTACAAAATCTGA	ТНТ
THTA1	GACAGGCTTGAACCCCTTCGT	ТНТ

РАЗДЕЛ 2. ГЕНЕТИКА КАРТОФЕЛЯ

Таблица 2 – Характеристика ампликонов, образуемых праймерами для определения мРНК-транскриптов генов метаболизма коричной кислоты картофеля

№ регистрации в базе данных NCBI (нуклеотидная последовательность)	Фермент	Наименование пары праймеров	Праймер*	Локализация / (ДНК или мРНК), пн	Ожидаемый размер продукта, пн	
					ДНК	кДНК
КС631948.1 (мРНК)	Фенилаланин-аммоний-лиаза	PAL1	S	1645-1664	187	187
			A	1831-1812		
ХМ_006350825.1 (мРНК)	Циннамат-4-гидроксилаза	С4Н1	S	936-55	–	169
			A	1104-1085		
ХМ_006366893.2 (мРНК)	4-кумарат-коэнзим А-лигаза	4CL2	S	443-462	–	198
			A	640-621		
KF943630.1 (мРНК)	Тир амин-гидроксидин-намоил-трансфераза	ТНТ1	S	104-125	–	233
			A	336-317		

\* S – прямой, А – обратный праймер.

Таблица 3 – Баллы устойчивости сортов картофеля к действию фитопатогенных заболеваний [7]

Сорт	Ризоктониоз	Черная ножка	Фитофтороз листьев	Фитофтороз клубней
Скарб	8	8	5	5
Карсан	7	7	7	7
Ветразь	5	8	8	8
Одиссей	5	5	–	8
Гармония	7	5	7	5

Расчет уровня относительной экспрессии для исследованных генов в различных сортах картофеля и построение графиков проводили с помощью специализированной программы REST-MCS (Relative Expression Software Tool Multiple Condition Solver), в соответствии с требованиями которой уровень экспрессии изучаемых генов отображен в условных единицах, устанавливаемых данной программой, и представлен в логарифмической шкале [8, 9].

Результаты анализа показаны на рисунке. В качестве контроля, для которого в REST рассчитывался уровень относительной экспрессии генов в выбранной группе сортов, использовали значения уровня генной экспрессии для сорта Скарб (далее – контрольный сорт). Из рисунка видно, что проанализированные гены имеют значения базального уровня экспрессии ниже, чем у контрольного сорта. Далее, на основании полученных значений уровней экспрессии в исследованных сортах, с помощью пакета программ MS EXCEL рассчитывался коэффициент корреляции между ними и устойчивостью сортов в пределах выбранной группы к таким широко распространенным заболеваниям картофеля, как фитофтороз, ризоктониоз, черная ножка, парша обыкновенная (табл. 4). Из таблицы видно, что наиболее сильная положительная связь между более высоким уровнем относительной экспрессии *ТНТ* и высокими баллами устойчивости сортов наблюдается для такого заболевания, как черная ножка (для ризоктониоза – средняя), а более высокие базальные уровни относительной экспрессии *С4Н* характерны для сортов, более устойчивых к ризоктониозу. В случае устойчивости к фитофторозу (как листьев, так и клубней) оба гена проявляли тенденцию к обратной зависимости, а именно у более устойчивых к фитофторозу исследованных сортов наблюдались более низкие уровни относительной экспрессии данных генов.

## РАЗДЕЛ 2. ГЕНЕТИКА КАРТОФЕЛЯ

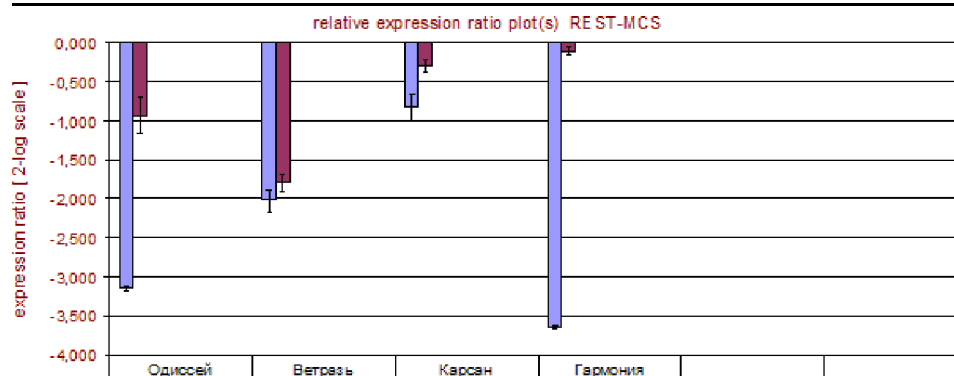


Рисунок – Сравнение относительного уровня экспрессии генов *THT* и *C4H* в клетках листьев растений картофеля сортов Одиссей, Ветразь, Карсан, Гармония по отношению к уровню экспрессии этих генов в контрольном сорте Скарб в логарифмической шкале

Таблица 4 – Коэффициенты корреляции между относительным уровнем экспрессии *THT* и *C4H* в клетках листьев растений картофеля *in vitro* и устойчивостью к патогенным заболеваниям сортов Скарб, Одиссей, Ветразь, Карсан, Гармония

Ген	Заболевание				
	фитофтороз листьев	фитофтороз клубней	черная ножка	парша обыкновенная	ризоктониоз
<i>THT</i>	-0,18201	-0,60705	0,830325	-0,38423	0,550246
<i>C4H</i>	-0,82934	-0,73803	-0,21078	-0,02703	0,893513

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения работы обнаружено, что в исследованной группе сортов имеется определенная связь между уровнями экспрессии *THT* и *C4H* и устойчивостью сортов картофеля к различным инфекционным заболеваниям. Между тем для составления более полного и четкого понимания роли изученных генов в формировании устойчивости картофеля к действию патогенов планируется в дальнейшем проведение новой серии экспериментов с целью использования большего числа сортов для более широкого сравнительного анализа базального уровня генной экспрессии, а также проведение экспериментов по заражению тканей картофеля возбудителями изучаемых болезней для того, чтобы оценить роль изучаемых генов на фоне развития болезней, а не только на базальном уровне.

### Список литературы

1. Hydroxycinnamic acid functional ingredients and their biosynthetic genes in tubers of *Solanum tuberosum* Group Phureja / Ji Liyao [et al.] // Cogent Food & Agriculture. – 2016. – Vol. 2, Iss. 1. – P. 1–42.
2. Quantitative resistance in potato leaves to late blight associated with induced hydroxycinnamic acid amides / K. Jogendra [et al.] // Functional & integrative genomics. – 2014. – Vol. 14. – P. 285–298.
3. Transcription factor StWRKY1 regulates phenylpropanoid metabolites conferring late blight resistance in potato / K. Jogendra [et al.] // J. Exp. Bot. – 2015. – Vol. 66. – P. 7377–7389.
4. Identification of late blight resistance-related metabolites and genes in potato through nontargeted metabolomics / D. Pushpa [et al.] // Plant Mol. Biol. Report. – Vol. 32. – P. 584–595.

5. Relative potency of culture supernatants of *Xenorhabdus* and *Photorhabdus* spp. on growth of some fungal phytopathogens / S. Hazir [et al.] // Eur. J. Plant Pathol. – 2016. – Vol. 146. – P. 369–381.
6. Housekeeping gene selection for real-time RT-PCR normalization in potato during biotic and abiotic stress / N. Nicot [et al.] / J. Exp. Bot. – 2005. – Vol. 56, № 421. – P. 2907–2914.
7. Сорта картофеля белорусской селекции. Каталог / В. Л. Маханько [и др.]; Науч.-практ. центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству. – Минск, 2018. – 56 с.
8. Michael, W. New mathematical model for relative quantification in real-time RT-PCR / W. Michael, A. Pfaffl // Nucleic Acids Research. – 2001. – Vol. 29, № 9. – С. 45.
9. Pfaffl, M. W. Relative expression software tool (REST) for group-wise comparison and statistical analysis of relative expression results in real-time PCR / M. W. Pfaffl, G. W. Horgan, L. Dempfle // Nucleic Acids Res. – 2002. – Vol. 30, № 9. – С. 36.

Поступила в редакцию 26.11.2020 г.

E. M. KABACHEVSKAYA, T. A. GAPEEVA, A. A. SMIRNOV,  
A. YU. MISYUKEVICH, S. V. SUHOVEEVA, I. D. VOLOTOVSKIY

**BASAL LEVEL OF GENES EXPRESSION OF CINNAMIC  
ACID METABOLISM ENZYMES IN THE LEAVES OF IN VITRO  
PLANTS OF POTATOES VARIETIES OF BELARUSIAN BREEDING**

**SUMMARY**

*The unique gene-specific primers were developed to assess the level of gene expression of cinnamic acid metabolism in potato leaf cells. The basal level of the relative gene expression of tyramine hydroxycinnamoyl transferase (THT) and cinnamate 4-hydroxylase (C4H) was estimated. The presence of correlations between the level of expression of the research genes and potatoes resistance to diseases such as late blight, rhizoctonia, common scab, black leg is discussed.*

*Key words:* potatoes varieties, cinnamic acid metabolism, phenylpropanoids, gene expression.



УДК 635.21:631.524.86:631.527.8

<https://doi.org/10.47612/0134-9740-2020-28-57-63>

**И. А. Михалькович, Ю. В. Яхонт, Т. В. Семанюк,  
А. В. Чашинский, Д. В. Башко, А. В. Кондратюк**

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук  
Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»,  
аг. Самохваловичи, Минский район

E-mail: inna1984@inbox.ru

## **ОТБОР ИСТОЧНИКОВ УСТОЙЧИВОСТИ К ПАТОГЕНАМ СРЕДИ ДИКИХ ВИДОВ *SOLANUM* КОЛЛЕКЦИИ *IN VITRO* С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОЛЕКУЛЯРНЫХ МАРКЕРОВ**

### **РЕЗЮМЕ**

Оценены образцы диких видов *Solanum* из коллекции *in vitro* на устойчивость к УВК, ВСЛК, фитофторозу. Проведен скрининг линий с использованием ДНК-маркеров. Выделены генотипы картофеля с маркерами устойчивости к фитофторозу, УВК, ВСЛК, а также с комплексом маркеров устойчивости к УВК и ВСЛК, в том числе 1 с 4-мя, 2 с 2-мя маркерами устойчивости.

*Ключевые слова:* картофель, УВК, ВСЛК, фитофтороз, устойчивость, дикие виды, молекулярные маркеры, Беларусь.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Картофель является одной из важнейших продовольственных культур в Республике Беларусь. В последние 20 лет в Беларуси изменения климата существенно отразились на фитопатологической ситуации на картофеле. При определенных погодных условиях фитофтороз, болезнь, вызываемая оомицетом *Phytophthora infestans*, становится основной причиной огромных потерь урожая [1, 2]. Возросла вредоносность вирусных болезней, что связано с изменением их штаммового состава, а также с изменением численности и видового состава тлей, основных переносчиков вирусов [3]. Каждый дополнительный процент поражения посадок картофеля тяжелыми формами вирусных болезней приводит к снижению урожайности клубней на 0,5–0,6 %. Вирусные болезни являются основной причиной вырождения сортов, приводя к значительным потерям урожая – до 70–85 % [4].

Наибольший интерес для селекции на устойчивость к вирусам представляет иммунитет (крайняя устойчивость, ER (extreme resistance)). Этот тип устойчивости контролируется олигогенно доминантными аллелями R-генов, интрогрессируемых в культурные сорта из диких видов. Привлечение в селекцию новых источников ценных генов является насущной необходимостью для селекции картофеля [2]. В коллекции диких видов *Solanum in vitro* лаборатории генетики картофеля РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству» насчитывается более 560 образцов 57 видов. Из них 6 не клубненосных видов (31 образец) и 51 вид, образующий клубни (533 образца).

Успех селекции в направлении создания сортов с комплексной устойчивостью во многом зависит от применения современных методов, с помощью которых можно

на ранних этапах идентифицировать устойчивые генотипы родительских селекционных линий. Одним из направлений, позволяющих расширить возможности традиционной селекции картофеля, оценить полиморфизм селекционного материала, является применение молекулярных ДНК-маркеров [5]. Молекулярные маркеры, тесно сцепленные с генами устойчивости, значительно интенсифицируют поиск селекционно-ценных образцов, позволяя существенно расширить выборку тестируемого материала и отобрать генотипы с комплексом олиогенов, и как результат – значительно повысить эффективность селекции и сократить временные затраты на создание новых форм картофеля [6, 7].

Целью исследования являлось изучение коллекции диких видов *Solanum in vitro* с привлечением молекулярных маркеров для отбора генотипов с генами, контролирующими устойчивость к ЮВК, ВСЛК и фитофторозу, а также выявление новых генетических источников, которые представляют особый интерес для использования в селекции.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Материалом для исследований служили 32 образца 19-ти диких видов картофеля для определения устойчивости к ЮВК методом прививок на инфицированные разными штаммами ЮВК ( $Y^0$ ,  $Y^N$  и  $Y^{NTN}$ ) растения томата сорта Невский; 22 образца 14-ти диких видов картофеля для определения устойчивости к ВСЛК в условиях жесткого инфекционного фона, созданного в тесте с прививкой на растения-инфекторы; 33 образца 15-ти диких видов картофеля для оценки устойчивости к фитофторозу методом отдельных листьев.

Выделенные в результате проведенных в 2016–2017 гг. исследований устойчивые и высокоустойчивые к ЮВК, ВСЛК, возбудителям фитофтороза образцы использовались в нашей работе по скринингу на гены устойчивости.

Оценку устойчивости к вирусным болезням проводили по методике Н. П. Скляровой, Р. В. Черепановой [8]. Выделение устойчивых к вирусам образцов дикого вида *S. acaule* осуществляли по методике А. Л. Амбросова и др. [9].

Оценку образцов коллекций картофеля по устойчивости к фитофторозу проводили в соответствии с методическими рекомендациями «Методы оценки картофеля, овощных и плодовых культур на устойчивость к болезням» [10], используя тест с кассетами [11].

Для изучения на гены устойчивости к ЮВК продиагностировано 13 образцов 9-ти видов картофеля: Л33-2 вида *S. michoacanum*; Л45-6, Л45-9 вида *S. bulbocastanum*; Л57-7 вида *S. pinnatisectum*; Л82-8, Л82-16, Л82-51, Л82-52 вида *S. abancayense*; Л84-8 вида *S. hondelmannii*; hcb13-1 вида *S. huancabambense*; lg112-1 вида *S. lignicaule*; trf04-1 вида *S. trifidum*; vio14-2 вида *S. violaceimarmonatum*. К ВСЛК исследовали 10 образцов 8-ми видов: Е31-25 вида *S. raphanifolium*; Е50-2 вида *S. circaeifolium*; Л76-2, Л76-16 вида *S. vernei*; Л84-8 вида *S. hondelmannii*; Ч3, Ч4 вида *S. chaporense*; lg112-1 вида *S. lignicaule*; NR3 вида *S. tuberosum*; vio14-2 вида *S. violaceimarmonatum*. Для определения генов устойчивости к *Phytophthora infestans* изучали 30 образцов 14-ти видов картофеля: А15, chc59-1, chc59-2, chc71-1, chc71-2 вида *S. chacoense*; Б3/Б12 вида *S. microdontum*; Е52-5, Е53-1 вида *S. circaeifolium*; Л23 вида *S. jamesii*; Л37-1, Л37-2, Л37-3 вида *S. fendleri*; Л45-3, blb2, blb3, S.b. вида *S. bulbocastanum*; Л57-7 вида *S. pinnatisectum*; Л63-2 вида *S. rybinii*; Л75-21, Л75-77 вида *S. vernei*; Л80-18, Л80-39 вида *S. neocardenasii*; agf47-1, agf47-2 вида *S. agrimonifolium*; col24-1 вида *S. colombianum*; hcb00-1, hcb06-1, hcb13-1 вида *S. huancabambense*; stp58-1, stp60-1 вида *S. stipuloideum*.

РАЗДЕЛ 2. ГЕНЕТИКА КАРТОФЕЛЯ

Для скрининга образцов картофеля к ЮВК использовали SCAR-маркер RYSC3 ( $Ry_{ang}$  от *S. tuberosum ssp. andigenum*), STS маркер Ry186 ( $Ry_{chc}$  от *S. chacoense*) и STS маркер Yes3-3A ( $Ry_{sto}$  от *S. stoloniferum*). Для определения гена PLRV1 и PLRV4 устойчивости к ВСЛК использовали SCAR-маркеры NL27 и UBC864R соответственно. Для определения генов устойчивости к *Phytophthora infestans* использовали три маркера: наличие гена *Rpi-blb1* от *S. bulbocastanum* определяли маркером Blb1-820, для идентификации гена *Rpi-R3b* от *S. demissum* использовался маркер R3b, ген *R1* от *S. demissum* идентифицировали при помощи SCAR-маркера R1 (табл. 1).

Выделение геномной ДНК из растений *in vitro* осуществляли с помощью наборов реагентов для выделения ДНК «Нуклеосорб» комплектация «С» производства фирмы «Праймтех» (Республика Беларусь) согласно протоколу производителей. Качество полученной ДНК определяли проведением ПЦР-реакции с праймерами ВСН, являющимися внутренним положительным контролем, амплифицирующимся у любых образцов картофеля.

Реакцию проводили на амплификаторе Veriti (Applied Biosystems, США). Визуализацию продуктов амплификации осуществляли разделением в 2 %-м агарозном геле, окрашенным бромистым этидием, с последующей регистрацией результатов с помощью оборудования системы гельдокументирования DOC-PRINT-VX2 (Германия).

Для приготовления реакционной смеси объемом 25 мкл использовали готовую смесь для ПЦР-анализа Quick-load Taq 2X Master Mix (ОДО «Праймтех», Республика Беларусь), соответствующие праймеры (прямой и обратный), матрицу ДНК и деионизированную воду в количестве, необходимом для доведения объема смеси до рассчитанного. В состав Quick-load Taq 2X Master Mix входят все необходимые компоненты ПЦР: ДНК-полимераза, dNTPs, Mg<sup>2+</sup> и реакционный буфер, а также красители для непосредственного нанесения реакционной смеси на гель при проведении электрофоретического анализа. Используемые в работе праймеры синтезированы в ОДО «Праймтех» (Республика Беларусь).

Таблица 1 – Маркеры, использованные для идентификации генов устойчивости картофеля к ЮВК и ВСЛК

Определяемый ген	Название маркера (праймера)	Последовательность нуклеотидов от 5' к 3' концу	Размер маркерного фрагмента
$Ry_{ang}$	RYSC3 (ADG23) F	AGGATATACGGCATCATTTTTCCGA	321 п. н.
	RYSC3 (3.3.3.S) R	ATACACTCATCTAAATTTGATGG	
$Ry_{chc}$	RY186F	TGGTAGGGATATTTTCCTTAGA	587 п. н.
	RY186R	GCAAATCCTAGGTTATCAACTCA	
$Ry_{sto}$	YES 3-3A F	ТААСТСААГССГААТААССС	341 п. н.
	YES 3-3A R	ААТТСАСТГТТТАСАТГСТТСТТГТГ	
PLRV1	NL27 F	TAGAGAGCATTAAGAAGCTGC	1164 п. н.
	NL27 R	TTTTGCCTACTCCCGGCATG	
PLRV4	UBC864F	ATGATGATGATGATGATGAC	580 п. н.
	UBC864R	ATGATGATGATGATGATGAG	
<i>Rpi-blb1</i>	Blb1-820 F	AACCTGTATGGCAGTGGCATG	820 п. н.
	Blb1-820 R	GTCAGAAAAGGGCACTCGTG	
<i>Rpi-R3b</i>	R3b F	GTCGATGAATGCTATGTTTCTCGAGA	378 п. н.
	R3b R	ACCAGTTTCTTGCAATTCAGATTG	
<i>R1</i>	R1 F	CACTCGTGACATATCCTCACTA	1400 п. н.
	R1 R	GTAGTACCTATCTTATTTCTGCAAGAAT	

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

В результате проведенных исследований по определению наличия маркеров устойчивости были получены следующие данные.

Все исследованные образцы имели в своем генотипе  $Ry_{sto}$  ген устойчивости к УБК, присутствие которого определяли с использованием маркера Yes3-3A. Из 13 проанализированных образцов наличие гена  $Ry_{adg}$ , сцепленного с маркером RYSC3 с ожидаемым размером фрагмента 321 п. н., отмечено у 6 образцов (46 %), при этом два из них относятся к одному дикому виду *S. bulbocastanum*. Частота встречаемости ДНК-маркера Ry186, сцепленного с геном устойчивости  $Ry_{chc}$ , была самой низкой – 4 образца (30 %), 3 из которых относятся к дикому виду *S. abancayense*. У образца Л84-8 дикого вида *S. hondelmannii* выявлено наличие 3-х маркеров устойчивости к УБК. По результатам скрининга, 8 образцов 5-ти диких видов (*S. abancayense*, *S. bulbocastanum*, *S. michoacanum*, *S. pinnatisectum*, *S. trifidum*) имеют в своем генотипе два маркера устойчивости к изучаемому патогену (табл. 2).

Наличие гена PLRV1 устойчивости к ВСЛК, присутствие которого определяли с использованием маркера UBC864, отмечено в 9-ти образцах, 4 из которых также дали реакцию наличия гена PLRV4, определяемого маркером NL27 (табл. 3).

Таблица 2 – Наличие маркеров устойчивости к УБК

Номер образца	Дикий вид	Маркер (ген)		
		RYSC3 ( $Ry_{adg}$ )	Ry186 ( $Ry_{chc}$ )	Yes3-3A ( $Ry_{sto}$ )
Л82-8	<i>S. abancayense</i>		+	+
Л82-16			+	+
Л82-51				+
Л82-52			+	+
Л45-6	<i>S. bulbocastanum</i>	+		+
Л45-9		+		+
Л84-8	<i>S. hondelmannii</i>	+	+	+
hcb13-1	<i>S. huancabambense</i>			+
lg1 12-1	<i>S. lignicaule</i>			+
Л33-2	<i>S. michoacanum</i>	+		+
Л57-7	<i>S. pinnatisectum</i>	+		+
trf04-1	<i>S. trifidum</i>	+		+
vio14-2	<i>S. violaceimarmonatum</i>			+

Таблица 3 – Наличие маркеров NL27 и UBC864

Номер образца	Дикий вид	Маркер (ген)	
		NL27 (PLRV1)	UBC864 (PLRV4)
Е50-2	<i>S. circaefolium</i>	+	+
Л76-2	<i>S. vernei</i>	+	+
Л76-16		+	+
Л84-8	<i>S. hondelmannii</i>	+	
Ч3	<i>S. chaporense</i>		+
Ч4			+
lg1 12-1	<i>S. lignicaule</i>		+
vio14-2	<i>S. violaceimarmonatum</i>		+
Е31-25	<i>S. raphanifolium</i>	+	+
NR3	<i>S. tuberosum</i>		+

## РАЗДЕЛ 2. ГЕНЕТИКА КАРТОФЕЛЯ

В результате проведенной работы по ДНК-маркированию выделены образцы, в генотипе которых присутствует комплекс R-генов: с 4-мя генами устойчивости – Л84-8 (*S. hondelmannii*), с 2-мя генами устойчивости – Igl 12-1 (*S. lignicaule*), vio14-2 (*S. violaceimarmonatum*) (табл. 4).

Частота встречаемости ДНК-маркера Blb1-820, сцепленного с геном устойчивости *Rpi-blb1* к фитофторозу картофеля, была низкой. Он присутствовал в 3-х образцах (10 %): Л-45-3, blb3, S.b. дикого вида *S. bulbocastanum*. Данные образцы, по результатам искусственного заражения ботвы *Phytophthora infestans*, характеризуются баллом устойчивости 9 (рис. 1).

Ни в одном из изучаемых образцов не обнаружен ген устойчивости *R1*, присутствие которого определяли с использованием маркера R1, с ожидаемым размером маркерного фрагмента 1400 п. н.

Маркер R3b, сцепленный с геном *Rpi-R3b*, отмечен у одного образца blb2 дикого вида *S. bulbocastanum*, с баллом устойчивости 9 по результатам искусственного заражения (рис. 2).

Все выделенные образцы рекомендованы для использования в гибридизации как источники устойчивости к YBK, ВСЛК и фитофторозу.

Таблица 4 – Образцы диких видов с групповой устойчивостью к YBK и ВСЛК

Номер образца	Дикий вид	Маркер (ген)				
		YBK			ВСЛК	
		RYSC3 ( <i>Ry<sub>adg</sub></i> )	Ry186 ( <i>Ry<sub>chc</sub></i> )	Yes3-3A ( <i>Ry<sub>sto</sub></i> )	NL27 (PLRV1)	UBC864 (PLRV4)
Л84-8	<i>S. hondelmannii</i>	+	+	+	+	
Igl 12-1	<i>S. lignicaule</i>			+		+
vio14-2	<i>S. violaceimarmonatum</i>			+		+



Рисунок 1 – Результаты амплификации с праймером Blb1-820: М – маркер молекулярного веса; размер маркерного фрагмента 820 п. н.

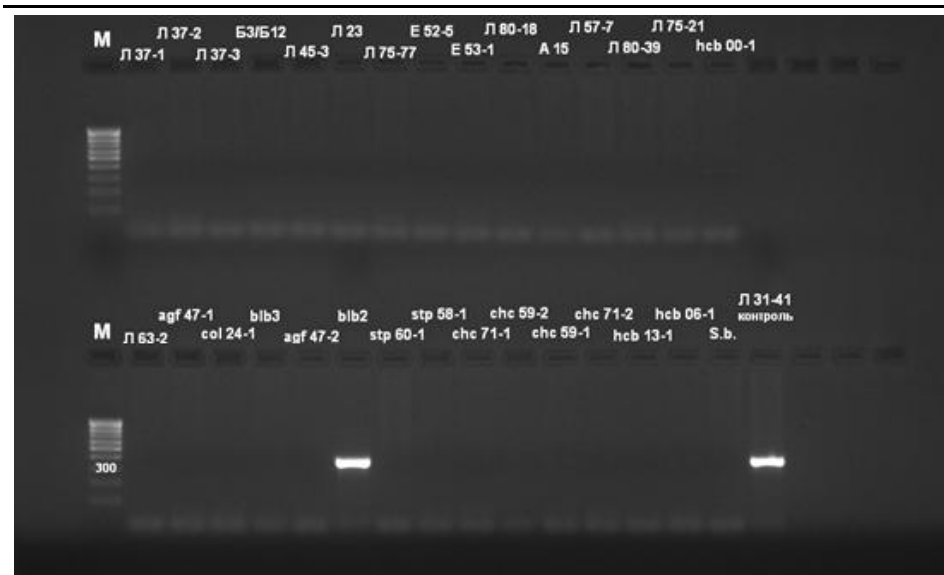


Рисунок 2 – Результаты амплификации с праймером R3b: М – маркер молекулярного веса; размер маркерного фрагмента 378 п. н.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Методом ПЦР-анализа оценены образцы диких видов *Solanum* из коллекции *in vitro* с помощью маркеров RYSC3 ( $Ry_{adg}$ ), Ry186 ( $Ry_{chc}$ ), Yes3-3A ( $Ry_{sto}$ ), NL27 (*PLRV1*), UBC864 (*PLRV1*), Blb1-820 (*Rpi-blb1*), R1(*RI*), R3b (*Rpi-R3b*).

Выделены генотипы картофеля с наличием маркеров устойчивости к *Phytophthora infestans*: Л-45-3, *blb3*, *S.b.*, *blb2* дикого вида *S. bulbocastanum*; к YBK: образец Л84-8 дикого вида *S. hondelmannii* с наличием 3-х маркеров устойчивости, 8 образцов 5-ти диких видов (*S. abancayense*, *S. bulbocastanum*, *S. michoacanum*, *S. pinnatisectum*, *S. trifidum*), в генотипе которых определено 2 маркера устойчивости к изучаемому патогену; к ВСЛК: образцы Е50-2 (*S. circaeifolium*), Л76-2, Л76-16 (*S. vernei*), Е31-25 (*S. raphanifolium*) с наличием 2-х маркеров устойчивости к PLRV.

Также выделены образцы с комплексом маркеров устойчивости к YBK и ВСЛК, в том числе 1 с 4-мя генами устойчивости: Л84-8 вида *S. hondelmannii*; 2 с 2-мя генами устойчивости: lgl 12-1 (*S. lignicaule*), vio14-2 (*S. violaceimarmonatum*), обладающие высокой устойчивостью к изучаемым патогенам по результатам искусственного заражения.

Все выделенные образцы рекомендованы для использования в гибридизации в качестве источников устойчивости к YBK, ВСЛК и фитофторозу.

### Список литературы

1. Иванюк, В. Г. Защита картофеля от болезней, вредителей и сорняков / В. Г. Иванюк, С. А. Банадысев, Г. К. Журомский. – Минск : Белпринт, 2005. – 696 с.
2. Росс, Х. Селекция картофеля. Проблемы и перспективы / Х. Росс. – пер. с англ. – М. : Агропромиздат, 1989. – 183 с.
3. Изменение видового состава переносчиков вирусов картофеля по итогам многолетнего мониторинга / В. Н. Зейрук [и др.] // Картофелеводство : сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству ; редкол. : В. Г. Иванюк (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2008. – Т. 14. – С. 391–396.

4. Блоцкая, Ж. В. Вирусные болезни картофеля / Ж. В. Блоцкая. – Минск : Навука і тэхніка, 1993. – 223 с.

5. Collard, B. C. Y. Marker-assisted selection: an approach for precision plant breeding in twenty-first century / B. C. Y. Collard, D. J. Mackill // Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci. – 2008. – Vol. 12, 1 363 (1491). – P. 557–572.

6. Ё і ённе ённi –i ёеi а ааi i а ооi ё-еаi ннe ёi ааi аi ннаеi аааоi а наеаеёi i - i i -ааi ае-аеёё ёi ёеаеёе Аi ЕЕЁО ннi i ёуi ааi ёаi i i ёаеёёуi ў оi аеааi а / А. А. Аёр ёi аа [ё аа.] // Чаù ёа ёааi о аеу –2015. –О 1. –Ñ. 3–7.

7. Ё оаi ёа ённi аi i аi i аааеаеа ёааi о аеу i i нi ннао ё аеаеуi i i о нi ннi y i ёр ааi i а ооi ё-еаi ннe ёаi ёаi y i ё аааеаеуi ннаеу i i ёеi ёаеёеi i i ааi ааi аеаеу- ннeо оi аi аеу аеаеаеаеаеае: i ааi а. ааеi i аi ааеёе / А. Ё. Ааi ёр ёi [ё аа.]; i i а аа. А. Ё. Ааi ёр ёi а; Ёi ннeоо ааi аеёе ё оеi ёi аеёi Аi Ааеаоёе. –i ёi нe, 2016. –56 н.

8. Нееуi аа. Ё. Ё. i ааi ае-аеаеа оааi ёуi i i нi аааеаi ёр ёi i оi ёаа ё ннао- оаааеаеуi i ннe наеаеёi i i i i i i аааеаеа ёааi о аеу ё аеаоаi Оё Оёi i ёааi ё ооi ё- еаi ннe ё аеаоаi ўi аi ёаi y i / Ё. Ё. Нееуi аа. ЁА. аааi аi i аа. –Ёаеi аi 2: i ЕЕЁО, 1978. –26 н.

9. Ё ааi ае-аеаеа оааi ёуi i i нi ааi ёр ёi оаi ёа наеаеёi i i i i i i аааеаеа ёааi - о аеуi а ооi ё-еаi ннe ё оаi i аi аеаоаi а / А. Ё. Аi ааi нi а [ё аа.]. –i ., 1983. –16 н.

10. Ё ааi ау i оаi ёе ёааi о аеу, i аi ўi ўо ё i ёi аi ауо ёеууоо i а ооi ё-еаi ннe ё аi ёаi y i : i ааi а. ааеi i аi ааеёе / А. Ё. Ёааi ё ё [ё аа.]; i i а аа. Ё. А. Аi аi аеёi а; Ааеi ЕЕ ёааi о аеааi ааааеi ёi ёi аi аi ўi ааi аааа. –i ёi нe, 1987. –95 н.

11. Ёi ёеаеёёу аеёёё ё i ёеi ёеаi ўо ёеууооi ўо аеаi а ёааi о аеу *in vitro* / Г. А. Яковлева [и др.] // Картофельводство : науч. тр. / БелНИИК. – 1997. – Вып. 9. – С. 36–47.

Поступила в редакцию 23.11.2020 г.

I. A. MIHALKOVICH, YU. V. YAHONT, T. V. SEMANYUK,  
A. V. CHASHINSKIY, D. V. BASHKO, A. V. KONDRATYUK

## IN VITRO SELECTION OF PATHOGEN RESISTANT GENOTYPES AMONG *SOLANUM* WILD SPECIES USING DNA MARKERS

### SUMMARY

*The samples from in vitro collection of wild species Solanum were evaluated for resistance to PVY, PLRV, Phytophthora infestans. The screening of lines using DNA-markers was carried out. The genotypes of potatoes with single markers for resistance to late blight, PVY, PLRV, PLRV, including 1 with 4, 2 with 2 markers of resistance, were identified.*

*Key words:* potatoes, PVY, PLRV, *Phytophthora infestans*, resistance, wild species, DNA-markers, Belarus.

УДК 635.21

<https://doi.org/10.47612/0134-9740-2020-28-64-72>**Н. В. Русецкий, В. А. Козлов, А. В. Чашинский, И. В. Леванцевич,  
Л. А. Манцевич, И. А. Михалькович**

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук  
Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»,  
аг. Самохваловичи, Минский район  
E-mail: nicrw@mail.ru; Wiko@mail.ru; A.Chashinski@ Rambler.ru

**СКРИНИНГ ОБРАЗЦОВ КОЛЛЕКЦИИ ДИКИХ ВИДОВ  
*SOLANUM IN VIVO* НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ПАТОГЕНАМ****РЕЗЮМЕ**

В статье представлены результаты исследований по оценке дигамплоидов и диких видов картофеля, поддерживаемых клубневым репродуцированием в коллекции РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству», на устойчивость к Y-, X- M- и A-вирусам, фитофторозу, черной ножке и выделению источников устойчивости к этим патогенам. По данным проведенных исследований выделен ряд устойчивых форм, которые могут быть использованы в различных направлениях селекции картофеля.

**Ключевые слова:** картофель, дикий вид, образец, Y-, X-, M-, A-вирус картофеля, инокуляция, устойчивость, черная ножка, фитофтороз, дигамплоид.

**ВВЕДЕНИЕ**

Картофель, в отличие от большинства основных сельскохозяйственных культур, изобилует большим количеством родичей, представленных 232 видами и 22 подвидами [1]. Создание конкурентоспособных сортов картофеля невозможно без обогащения генетической базы сорта генами дикорастущих видов, которые вследствие длительной совместной коэволюции с патогенами и вредителями выработали генетически детерминированные механизмы защиты и являются неисчерпаемым источником ценной для селекции культуры гермоплазмы [1–3].

Культурный картофель, благодаря своему вегетативному способу размножения, способен поражаться многими вирусными, грибными и бактериальными заболеваниями, численность которых нарастает с каждой последующей репродукцией, приводя к его вырождению. Основными источниками устойчивости к болезням и вредителям являются сорта и гибриды картофеля, созданные в различных селекционных и коллекционных учреждениях мира, примитивные, культурные и дикие виды картофеля, которые несут разнообразные группы генов и характеризуются значительной изменчивостью по многим селекционно-ценным признакам. Иммуниет к PVX (X-вирус картофеля) обнаружен у образцов видов *S. andigenum*, *S. acaule*, *S. chaucha*, *S. curtilobum*, *S. juzepczukii*, *S. sucrense*, *S. albicans*, *S. punae*, *S. schreiteri*, *S. tarijense*, *S. vernei* и др. [4, 5]. Иммуниет к PVY (Y-вирус картофеля) формы выделены у видов: *S. stoloniferum*, *S. chacoense*, *S. andigenum*, *S. maglia*, *S. hougasii* [5–7]. Среди образцов видов *S. stoloniferum* и *S. hougasii* отобраны формы, сочетающие иммуниет к вирусам PVA (A-вирус картофеля) и PVY [7–9]. Высокой устойчивостью к фитофторозу характеризуются образцы видов *S. demissum*, *S. andigenum*, *S. microdontum*,



*S. polytrichon*, *S. bulbocastanum*, *S. acaule*, *S. gourlayi*, *S. pinnatisectum*, *S. verrucosum*, *S. jamesii* и др. [10, 11]. Выделены источники устойчивости к бактериальным болезням среди видов *S. demissum*, *S. andigenum*, *S. bulbocastanum*, *S. chacoense*, *S. stoloniferum*, *S. microdontum*, *S. tarijense* и др. [12, 13].

Для привлечения диких видов необходимо их изучение с выделением образцов – источников ценных для селекции картофеля признаков качества и устойчивости к патогенам и вредителям, распространенным и учитываемым в Беларуси [14, 15]. Значительное число диких видов не скрещивается с культурным картофелем и не может напрямую быть использовано в селекции. Для решения данной проблемы используют различные приемы, включающие получение дигаплоидов культурного картофеля, гибридизацию на диплоидном уровне с использованием нередуцированных гамет, а также соматическую гибридизацию [15, 16].

В мировых центрах генетических ресурсов картофеля собрана и хранится богатейшая коллекция диких, примитивных и культурных видов картофеля. Изучение образцов диких видов и дигаплоидов в Республике Беларусь по хозяйственно ценным признакам, выделение устойчивых к болезням и вредителям образцов, создание на их основе исходного материала и сортов с комплексной устойчивостью к патогенам позволяет значительно снизить затраты, связанные с защитой посадок картофеля от болезней и вредителей, улучшить экологическую ситуацию, повысить рентабельность картофелеводства.

В связи с этим целью проводимых нами исследований являлось выделение среди диких видов картофеля источников устойчивости к вирусам, фитофторозу листьев и черной ножке стеблей.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Исследования по оценке диких и культурных видов картофеля на устойчивость к Y-, X-, M- и A-вирусам, фитофторозу, черной ножке проводили в 2016–2020 гг. Объектом изучения являлся биологический материал, полученный из Всероссийского института растениеводства имени Н. И. Вавилова (ВИР) и коллекции Центра генетических ресурсов картофеля США. Всего за истекший период на устойчивость к вирусам было изучено 77 образцов 23 диких видов.

Для проведения испытаний образцы диких и культурных видов высаживали в условиях защищенного грунта в горшечной культуре по 3–5 растений на образец. В фазе полных всходов при наличии 2–3 пар листьев испытываемые образцы инфицировали вирусной инфекцией путем механической инокуляции. Приготовленный инокулом втирали в опудренные карборундом листья исследуемых образцов с помощью поролоновой губки. Спустя неделю после инокуляции растения повторно инфицировали вирусами.

Для получения инокулов X-вирус размножали и накапливали на растениях *Datura stramonium* L. (дурман обыкновенный), Y- и A-вирусы – на растениях *Nicotiana tabacum* L. (сорт Samsun), S- и M-вирусы – на растениях *Lycopersicon esculentum* Mill. (сорт Невский). Инокулом готовили путем растирания инфицированных листьев в фарфоровой ступке. С целью стабилизации вирусов сок смешивали с фосфатным буфером pH 7,0–7,4 в соотношениях 1 : 1 (МВК, СВК, АВК), 1 : 2 (УВК) и 1 : 5 (ХВК) [17, 18].

Диагностику вирусов в исследуемых растениях осуществляли визуальным, серологическим методами и методом ИФА в период бутонизации – цветения растений. Образцы диких видов картофеля, оставшиеся свободными от вирусной инфекции после двукратного искусственного заражения механической инокуляцией и тестирования методом ИФА, относили к устойчивым.

Оценку образцов диких видов на устойчивость к фитофторозу проводили в лабораторных условиях. Для этого использовали листья среднего яруса растений в фазу бутонизации – цветения. От растений отделяли верхушку листа с конечной долей и первой парой супротивных боковых долей в трехкратной повторности. Листья раскладывали на стеклах, покрытых двумя листами фильтровальной бумаги, пропитанными дистиллированной водой, нижней стороной вверх. На каждую долю листа наносили пипеткой каплю суспензии сложной расы *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary в концентрации 25 конидий в поле зрения светового микроскопа при увеличении 120. Оценка образцов проводилась совместно с отделом защиты картофеля РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству». Стекла с листьями помещали во влажную камеру и инкубировали при температуре 18–20 °С при постоянном освещении. Пораженность листьев учитывали на 7-е сутки после инокуляции и оценивали по 9-балльной шкале [19].

Оценка по устойчивости к черной ножке заключалась в следующем: от каждого образца было отобрано по 3–5 стеблей высотой около 20 см и на 4 суток их погрузили в раствор с суспензией культуры бактерий: *Pectobacterium caratovororum* subsp. *atroseptica* и *Pectobacterium caratovororum* subsp. *Caratovora*. Инфекционная нагрузка составляла около 10 млн клеток/мл ( $1 \times 10^7$  КОЕ/мл). В качестве контроля использовали стерильную воду [20].

В коллекции дигиплоидов проводили изучение 19 новых дигиплоидов по признакам устойчивости к фитофторозу листьев в полевых условиях, продуктивности и содержанию крахмала [21].

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

**Оценка на устойчивость к вирусам.** В результате визуальной оценки состояния растений диких видов после механической инокуляции вирусами установлено, что реакция отдельных из исследуемых образцов на вирусную инфекцию при заражении X-вирусом проявлялась в виде симптомов обыкновенной мозаики (*S. chacoense* 653759-2, *S. stipuloideum* 205560-6 и др.). На инфицирование штаммами Y-вируса некоторые образцы реагировали симптомами крапчатости с волнистостью и полосчатой мозаики, M-вирусом – симптомами мозаичного закручивания и задержки роста (*S. colombianum* PI 567824-7 и *S. stipuloideum* 473458-5). Некоторые образцы (*S. stipuloideum* 473458-7, *S. stipuloideum* 205560-2, *S. iopetalum* 607859-2) на инфицирование Y-вирусом реагировали системной некротической реакцией всего растения, а на заражение A-вирусом – в виде яркой желтой мозаики (образцы вида *S. iopetalum* 604099-1 и 604099-3) (рис.).

По данным проведенных двух-трехлетних исследований, полученным в процессе испытания с использованием двукратного искусственного заражения и тестирования методом ИФА, выявлены образцы с высокой устойчивостью к искусственному заражению вирусами. По устойчивости к Y-вирусу в 2016–2018 гг. среди образцов диких видов, полученных из ВИРа и коллекции Центра генетических ресурсов картофеля США, выделено 16 форм: *S. kurtzianum* к-18896, *S. chicotanum* 0912-2, *S. chicotanum* 0912-5, *S. famatinae* к-23061, *S. lignicaule* PI 619109, *S. colombianum* PI 567824, *S. candolleanum* PI 4581377, *S. candolleanum* PI 283074, *S. candolleanum* PI 473345, *S. boliviense* PI 473357-5, *S. boliviense* PI 473357-3, *S. boliviense* PI 473357-1, *S. trifidum* PI 283065, *S. trifidum* PI 255538, *S. medians* PI 310994 и *S. huancabambence* P 458400-2. По данным двухлетнего испытания (2019–2020 гг.), устойчивыми к этому патогену

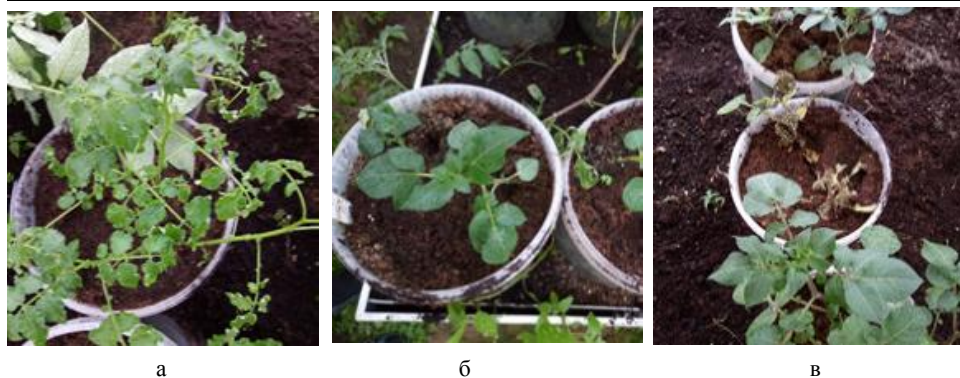


Рисунок – Симптомы вирусных болезней картофеля: а – крапчатость с волнистостью; б – мозаичное закручивание; в – системный некроз всего растения

оказались 4 образца следующих диких видов: *S. stipuloideum* 205560-6, *S. iopetalum* 604099-8, *S. huancabambense* P 458400-2, *S. chicotanum* 0912-2.

В 2016–2018 гг. среди исследуемого материала по устойчивости к А-вирусу выделено 10 форм: *S. famatinae* к-23061, *S. chicotanum* 0912-6, *S. chicotanum* 0912-5, *S. chicotanum* 0912-2, *S. boliviense* PI 210034-10, *S. candolleanum* PI 473345, *S. colombianum* PI 567824, *S. violaceum* PI 473397, *S. chacoense* PI 653759-1 и *S. trifidum* PI 255538. По данным проведенных двухлетних исследований (2019–2020 гг.), выделено 10 образцов 5-ти диких видов: *S. stipuloideum* 205560-6, *S. medians* 320260-4, *S. chacoense* 653759-1, *S. chacoense* 653759-2, *S. chacoense* 653759-4, *S. chacoense* P 602471-4, *S. chacoense* 683459-7, *S. chacoense* P 602471, *S. boliviense* 210034-7, *S. chicotanum* 0912-5. В результате одногодичного испытания на устойчивость к S-вирусу в 2020 г. предварительно было выделено 7 образцов 5-ти диких видов картофеля: *S. huancabambense* P 365406-8, *S. medians* 320260-4, *S. stipuloideum* 473458-6, *S. stipuloideum* 205560-6, *S. boliviense* 210034-7, *S. boliviense* 210034-5 и *S. Iopetalum* 243341-1.

По результатам испытаний за 2016 г., 2019–2020 гг. образцов, устойчивых к X-вирусу, обнаружено не было, за исключением исследований 2017 г., на основании которых по устойчивости к X-вирусу выделено 3 образца из коллекции Центра генетических ресурсов картофеля США: *S. medians* PI 320260, *S. medians* PI 310994 и *S. boliviense* PI 473357-1.

Устойчивыми к М-вирусу в условиях искусственного инфицирования в 2017 г. были образцы: *S. trifidum* PI 283068, *S. candolleanum* PI 473345, *S. iopetalum* PI 604099, *S. chacoense* PI 653459-4, *S. chacoense* 653759-1, *S. medians* PI 310 994, *S. medians* 320260, *S. colombianum* PI 567824, *S. trifidum* PI 283104, *S. boliviense* PI 473357-1, *S. boliviense* PI 473357-5 и *S. boliviense* PI 210034-10, однако в условиях вторичной инфекции в 2018 г. устойчивым оказался лишь один – *S. chacoense* PI 602471. По результатам испытания на вирусоустойчивость в 2019 г. среди изучаемых образцов выделено 3 формы (*S. medians* 320260-4, *S. stipuloideum* 205560-1 и *S. stipuloideum* 473458-6), свободные от инфекции М-вируса, но в условиях вторичной инфекции 2020 г. свою устойчивость подтвердил лишь один образец – *S. stipuloideum* 205560-1.

**Оценка на устойчивость к фитофторозу и черной ножке.** В 2016–2019 гг. на устойчивость к фитофторозу листьев изучено 23 образца 6-ти диких видов картофеля. В результате в лабораторных условиях выделен образец 458400-2 вида *S. huancabambense* с высокой устойчивостью к патогену (8 баллов). У образцов 210034-4, 473357-1 вида *S. boliviense* и образца 607859-4 вида *S. iopetalum* устойчивость к патогену составила

РАЗДЕЛ 2. ГЕНЕТИКА КАРТОФЕЛЯ

6,3–6,6 балла. Устойчивостью к фитофторозу листьев на уровне 5,3–5,5 балла характеризовались образцы 604099 и 607859-3 вида *S. iopetalum*. Остальные формы обладали низкой устойчивостью.

На основании проведенных исследований на устойчивость к возбудителям черной ножки стеблей выделилось 6 образцов с высокой и относительно высокой устойчивостью к патогену. Остальные формы характеризовались средней и низкой устойчивостью. Результаты оценки образцов диких видов картофеля на устойчивость к фитофторозу листьев и возбудителям черной ножки стеблей представлены в таблице 1.

**Изучение диких видов картофеля на пригодность к промпереработке на картофелепродукты.** По пригодности к промышленной переработке на хрустящий картофель изучено 17 образцов 6-ти диких видов картофеля, поддерживаемых клубневым репродукцированием. Пригодность к промышленной переработке на хрустящий картофель после 5 месяцев хранения в 9 баллов отмечена у образца 458402 вида *S. medians*. Пригодностью к промпереработке на уровне 8 баллов характеризовались образцы 653759-5, 653759-6 вида *S. chacoense*, 607859-3 – *S. iopetalum* и 473397 вида *S. violaceimarmoratum*. Относительно высокий балл пригодности отмечен у 4 образцов: 604099, 275181-1 вида *S. iopetalum*, 473357-6 – *S. boliviense* и 653759-8 вида *S. chacoense*. Остальные образцы диких видов картофеля характеризовались более низким баллом пригодности к промпереработке (табл. 2).

**Изучение коллекции новых дигиплоидов.** В лаборатории генетики РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству» было получено 19 новых дигиплоидов. В полевых условиях

Таблица 1 – Характеристика образцов диких видов картофеля по устойчивости к фитофторозу листьев и возбудителям черной ножки стеблей, 2017–2019 гг.

Дикие виды картофеля	Номер по каталогу	Устойчивость к фитофторозу листьев, балл	Устойчивость к черной ножке стеблей, балл
<i>Solanum huancabambense</i>	458400-2	8,0	6,1
<i>Solanum boliviense</i>	210034-4	6,6	8,0
<i>Solanum boliviense</i>	473357-1	6,5	6,6
<i>Solanum iopetalum</i>	607859-4	6,3	4,6
<i>Solanum iopetalum</i>	604099	5,5	4,8
<i>Solanum iopetalum</i>	607859-3	5,3	5,7
<i>Solanum chacoense</i>	653759-6	4,9	7,0
<i>Solanum iopetalum</i>	558405-5	4,9	4,9
<i>Solanum medians</i>	458402	4,8	5,4
<i>Solanum boliviense</i>	210034-8	4,4	8,0
<i>Solanum boliviense</i>	473357-6	4,3	7,8
<i>Solanum chacoense</i>	653759-5	4,2	6,7
<i>Solanum chacoense</i>	653759-1	4,0	7,0
<i>Solanum iopetalum</i>	604096	3,5	6,0
<i>Solanum boliviense</i>	210034-10	3,4	5,4
<i>Solanum chacoense</i>	653759-3	3,3	6,9
<i>Solanum chacoense</i>	653759-7	3,1	6,4
<i>Solanum chacoense</i>	602471	2,9	7,7
<i>Solanum chacoense</i>	653759-8	2,8	5,7
<i>Solanum chacoense</i>	653759-2	2,6	6,7
<i>Solanum chacoense</i>	653759-4	1,7	6,7
<i>Solanum iopetalum</i>	275181-1	1,1	6,1
<i>Solanum violaceimarmoratum</i>	473397	1,0	6,2

РАЗДЕЛ 2. ГЕНЕТИКА КАРТОФЕЛЯ

Таблица 2 – Характеристика образцов диких видов картофеля по пригодности к промышленной переработке на хрустящий картофель после 5 месяцев хранения

Дикие виды картофеля	Номер по каталогу	Пригодность к промышленной переработке после 5 месяцев хранения, балл
<i>Solanum medians</i>	458402	9
<i>Solanum chacoense</i>	653759-6	8
<i>Solanum chacoense</i>	653759-5	8
<i>Solanum iopetalum</i>	607859-3	8
<i>Solanum violaceimarmoratum</i>	473397	8
<i>Solanum iopetalum</i>	604099	7
<i>Solanum boliviense</i>	473357-6	7
<i>Solanum chacoense</i>	653759-8	7
<i>Solanum iopetalum</i>	275181-1	7
<i>Solanum chacoense</i>	602471	6
<i>Solanum chacoense</i>	653759-2	5
<i>Solanum chacoense</i>	653759-7	4
<i>Solanum huancabambense</i>	458400-2	4
<i>Solanum iopetalum</i>	604096	4
<i>Solanum chacoense</i>	653759-4	4
<i>Solanum chacoense</i>	653759-3	3
<i>Solanum chacoense</i>	653759-1	1

проведено их изучение по признакам устойчивости к фитофторозу листьев, продуктивности и содержанию крахмала. Образцы высажены однорядковыми деланками по 20 растений в рядке в однократной повторности.

В период вегетации дигаплоиды были изучены на устойчивость к фитофторозу листьев на естественном инфекционном фоне. Образцы с устойчивостью на уровне 7–9 баллов представлены в таблице 3.

В фазу бутонизации – цветения дигаплоиды были оценены на устойчивость к черной ножке стеблей методом букетов. Относительно высокой устойчивостью характеризовался образец 215.37-1.

При уборке дигаплоиды были оценены по продуктивности, в послуборочный период – по устойчивости к фитофторозу и черной ножке по клубням, а также по содержанию крахмала. Пять дигаплоидов выпали, не завязав клубней. По продуктивности выделились дигаплоиды 215.257-4, 215.258-2, 215.274-17, 215.75-9 со значением показателя свыше 1000 г/куст. Повышенное содержание крахмала показали дигаплоиды 215.37-1, 215.37-4, 215.75-1 (табл. 4).

Таблица 3 – Дигаплоиды, выделившиеся по устойчивости к фитофторозу листьев

Селекционный номер	Устойчивость к фитофторозу листьев, балл
215.37-2	9
215.258-1	9
215.75-1	9
215.75-2	9
215.257-2	8
215.257-4	8
215.257-6	8
215.37-4	8
215.37-5	8
215.274-17	7
215.37-1	7

По данным проведенных исследований, высокая и относительно высокая устойчивость (7,8–8,0 балла) к фитофторозу клубней отмечена у дигаплоидов 215.258-4 и 215.258-2. Высокая и относительно высокая устойчивость к возбудителям черной ножки клубней выявлена у 12 образцов.

По данным проведенных исследований, высокая и относительно высокая устойчивость (7,8–8,0 балла) к фитофторозу клубней отмечена у дигаплоидов 215.258-4 и 215.258-2. Высокая и относительно высокая устойчивость к возбудителям черной ножки клубней выявлена у 12 образцов.

РАЗДЕЛ 2. ГЕНЕТИКА КАРТОФЕЛЯ

Таблица 4 – Характеристика дигамплоидов по хозяйственно ценным признакам

Образец	Продуктивность, г/куст	Содержание крахмала, %
215.257-2	360	14,4
215.257-4	1 066	16,4
215.257-6	250	15,6
215.258-1	400	16,9
215.258-2	1 234	14,6
215.258-4	976	13,5
215.274-17	1 100	15,0
215.37-1	200	18,2
215.37-2	400	16,4
215.37-3	166	16,3
215.37-4	334	20,4
215.37-5	500	14,4
215.75-1	460	18,6
215.75-9	1 160	17,5

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Таким образом, в 2016–2020 гг. по устойчивости к Y-вирусу выделено 18 образцов: *S. kurtzianum* к-18896, *S. chicotatum* 0912-2, *S. chicotatum* 0912-5, *S. famatinae* к-23061, *S. lignicaule* PI 619109, *S. colombianum* PI 567824, *S. candolleianum* PI 4581377, *S. candolleianum* PI 283074, *S. candolleianum* PI 473345, *S. boliviense* PI 473357-1, *S. boliviense* PI 473357-5, *S. boliviense* PI 473357-3, *S. trifidum* PI 283065, *S. trifidum* PI 255538, *S. medians* PI 310994, *S. huancabambence* P 458400-2, *S. stipuloideum* 205560-6 и *S. iopetalum* 604099-8; по устойчивости к A-вирусу выявлено 18 форм 10-ти диких видов: *S. famatinae* к-23061, *S. chicotatum* 0912-6, *S. chicotatum* 0912-2, *S. chicotatum* 0912-5, *S. boliviense* PI 210034-10, *S. candolleianum* PI 473345, *S. colombianum* PI 567824, *S. violaceum* PI 473397, *S. chacoense* PI 653759-1, *S. trifidum* PI 255538, *S. stipuloideum* 205560-6, *S. medians* 320260-4, *S. chacoense* 653759-2, *S. chacoense* 653759-4, *S. chacoense* 683459-7, *S. chacoense* P 602471-4, *S. chacoense* P 602471 и *S. boliviense* 210034-7; по устойчивости к M-вирусу – два образца: *S. stipuloideum* 205560-1 и *S. chacoense* PI 602471. Устойчивыми к X-вирусу оказались три формы: *S. medians* PI 320260, *S. medians* PI 310994 и *S. boliviense* PI 473357-1. Устойчивыми в условиях первичной инфекции к S-вирусу (одногодичные данные) были 7 образцов 5-ти диких видов картофеля: *S. huancabambence* P 365406-8, *S. medians* 320260-4, *S. stipuloideum* 473458-6, *S. stipuloideum* 205560-6, *S. boliviense* 210034-7, *S. boliviense* 210034-5 и *S. iopetalum* 243341-1.

По данным изучения образцов диких видов картофеля на устойчивость к фитофторозу листьев в лабораторных условиях выделен образец 458400-2 вида *S. huancabambence* с высокой устойчивостью к патогену (8 баллов). У образцов 210034-4, 473357-1 вида *S. boliviense* и образца 607859-4 вида *S. iopetalum* устойчивость к патогену составила 6,3–6,6 балла. Устойчивостью к фитофторозу листьев на уровне 5,3–5,5 балла характеризовались образцы 604099 и 607859-3 вида *S. iopetalum*.

В результате проведенных исследований по устойчивости к возбудителям черной ножки стеблей выделено 6 образцов с высокой и относительно высокой устойчивостью к патогену.

По пригодности к промышленной переработке после 5 месяцев хранения на хрустящий картофель с баллом 9 выделен один образец 458402 вида *S. medians*. Пригодностью

к промпереработке на уровне 8 баллов характеризовались образцы 653759-5, 653759-6 вида *S. chacoense*, 607859-3 – *S. iopetalum* и 473397 вида *S. violaceimarmoratum*. Относительно высокий балл пригодности отмечен у 4 образцов: 604099, 275181-1 вида *S. iopetalum*, 473357-6 – *S. boliviense* и 653759-8 вида *S. chacoense*.

В результате изучения в полевых условиях 19 новых дигаплоидов по признаку устойчивости к фитофторозу листьев на естественном инфекционном фоне выделено 11 дигаплоидов с устойчивостью на уровне 7–9 баллов, по продуктивности свыше 1000 г/куст – дигаплоиды 215.257-4, 215.258-2, 215.274-17, 215.75-9. Повышенное содержание крахмала показали дигаплоиды 215.37-1, 215.37-4, 215.75-1.

### Список литературы

1. Hawkes, J. G. The potato. Evolution, biodiversity and genetic resources / J. G. Hawkes. – USA : Smithsonian Institution Press, 1990. – 259 p.
2. Букасов, С. М. Селекция и семеноводство картофеля / С. М. Букасов, А. Я. Камераз. – Л. : Колос, 1972. – 359 с.
3. Росс, Х. Селекция картофеля. Проблемы и перспективы / Х. Росс; пер. с англ. – М. : Агропромиздат, 1989. – 183 с.
4. Сорока, С. В. Вирусы и вирусные болезни сельскохозяйственных культур / С. В. Сорока, Ж. В. Блоцкая, В. В. Вабищевич ; науч. ред. Р. В. Гнутова. – Несвиж : Несвиж. укрп. тип., 2009. – 129 с.
5. Analysis of the Resistance-Breaking Determinants of Potato virus (PVX) Strain HB on Different Potato Genotypes Expressing Extreme Resistance to PVX / M. Querci [et al.] // Phytopathology. – 1995. – Vol. 85, № 9. – P. 1003–1010.
6. Найданова, Г. Н. Выделение исходного материала для селекции картофеля на устойчивость к штаммам вируса Y и к вирусу M : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Г. Н. Найданова. – Л., 1980. – 18 с.
7. Блоцкая, Ж. В. Вирусные болезни картофеля / Ж. В. Блоцкая. – Минск : Наука і тэхніка, 1993. – 223 с.
8. Яшина, И. М. Создание и генетическая оценка нового исходного материала картофеля и эффективные пути его использования в селекции : дис. в виде науч. докл. ... д-ра с.-х. наук : 06.01.05 / И. М. Яшина. – М., 2000. – 68 с.
9. Early selection for extreme resistance to potato virus Y and tobacco etch virus in potato using a B-glucuronidase-tagged virus / J. Hinrichs-Berger [et al.] // Plant Breeding. – 2000. – V. 119. – P. 319–323.
10. Киру, С. Д. Устойчивость южно-американских культурных видов картофеля к основным патогенам и их селекционное значение / С. Д. Киру, С. В. Палеха // Генетические ресурсы культурных растений : тез. докл. междунар. науч.-практ. конф., Санкт-Петербург, 13–14 нояб. 2001 г. / ВИР. – СПб., 2001. – С. 300–301.
11. Колобаев, В. А. Использование генофонда рода *Solanum* для достижения сильно выраженной горизонтальной устойчивости картофеля к фитофторозу / В. А. Колобаев, Е. В. Рогозина // Генетические ресурсы культурных растений : тез. докл. междунар. науч.-практ. конф., Санкт-Петербург, 13–14 нояб. 2001 г. / ВИР. – СПб., 2001. – С. 308–309.
12. Козлов, В. А. История и современное состояние создания исходного материала картофеля на основе диких и культурных видов в Республике Беларусь / В. А. Козлов // Материалы междунар. науч. конф., посвящ. 70-летию Института картофелеводства НАН Беларуси, Самохваловичи, 7–10 июля 2003 г. / Ин-т картофелеводства НАН Беларуси ; С. А. Банадысев (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2003. – С. 174–180.

13. Киру, С. Д. Генетические ресурсы картофеля ВИР – один из главных источников исходного материала для селекции / С. Д. Киру // Материалы междунар. науч. конф., посвящ. 70-летию Института картофелеводства НАН Беларуси, Самохваловичи, 7–10 июля 2003 г. / Ин-т картофелеводства НАН Беларуси ; С. А. Банадысев (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2003. – С. 200–206.
14. Иванюк, В. Г. Защита картофеля от болезней, вредителей и сорняков / В. Г. Иванюк, С. А. Банадысев, Г. К. Журомский. – Минск, 2005. – 695 с.
15. Ермишин, А. П. Картофель / А. П. Ермишин, Е. В. Воронкова, В. А. Козлов // Генетические основы селекции растений : в 4 т. / науч. ред. А. В. Кильчевский, Л. В. Хотылева. – Минск : Беларус. навука, 2010. – Т. 2 : Частная генетика растений. – С. 156–234.
16. Яковлева, Г. А. Соматическая гибридизация и клеточная селекция картофеля (*Solanum tuberosum* L.) / Г. А. Яковлева // Генетические основы селекции растений : в 4 т. / науч. ред. А. В. Кильчевский, Л. В. Хотылева. – Минск : Беларус. навука, 2012. – Т. 3 : Биотехнология в селекции растений. Клеточная инженерия. – С. 217–250.
17. Методические указания по созданию и оценке селекционного материала картофеля на устойчивость к штаммам вирусов / сост. А. Л. Амбросов [и др.]. – М., 1983. – 16 с.
18. Русецкий, Н. В. Изучение наследования устойчивости к вирусам PVY и PVX у потомства исходных форм картофеля, полученных на основе сложных межвидовых гибридов / Н. В. Русецкий, Е. В. Воронкова // Картофелеводство : сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству ; редкол.: С. А. Турко (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2017. – Т. 25. – С. 82–93.
19. Методы оценки картофеля, овощных и плодовых культур на устойчивость к болезням : метод. рекомендации / БелНИИ картофелеводства и плодоовощеводства ; под ред. Н. А. Дорожкина, В. Г. Иванюка. – Минск, 1987. – 95 с.
20. Шнейдер, Ю. Оценка устойчивости сортов картофеля / Ю. Шнейдер // Защита растений от вредителей и болезней. – 1995. – № 12. – С. 22–23.
21. Методика исследования по культуре картофеля. – М. : Колос, 1967. – 225 с.

Поступила в редакцию 21.12.2020 г.

N. V. RUSETSKIY, V. A. KOZLOV, A. V. CHASHINSKIY,  
I. V. LEVANTSEVICH, L. A. MANTSEVICH, I. A. MIHALKOVICH

## SCREENING OF SAMPLES OF WILD SPECIES COLLECTION OF *SOLANUM IN VIVO* FOR PATHOGEN RESISTANCE

### SUMMARY

*The research results on the assessment of dihaploids and wild potatoes species, maintained by tuber reproduction in the collection of RUE «The Research and Practical Centre of the National Academy of Sciences of Belarus for potato, fruit and vegetable growing», for resistance to PVY, PVX, PVM and PVA, late blight, black leg and isolation of resistance sources to these pathogens are presented in the article. Based on the research carried out, a number of resistant forms have been identified, that can be used in various directions of potatoes breeding.*

**Key words:** potatoes, wild species, sample, PVY, PVA, PVX, PVM, inoculation, resistance, blackleg, late blight, dihaploid.



## **РАЗДЕЛ 3**

### **ИММУНИТЕТ И ЗАЩИТА КАРТОФЕЛЯ**

УДК 635.21:632.768.12:632.951

<https://doi.org/10.47612/0134-9740-2020-28-73-78>

**И. И. Бусько, В. Н. Назаров, И. В. Леванцевич,**

**Л. А. Манцевич, М. М. Тимохова**

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук

Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»,

аг. Самохваловичи, Минский район

E-mail: zachita@tut.by

#### **МАМБА, КЭ – НОВЫЙ ИНСЕКТИЦИД ДЛЯ ЗАЩИТЫ КАРТОФЕЛЯ ОТ КОЛОРАДСКОГО ЖУКА**

##### **РЕЗЮМЕ**

*Представлены результаты изучения биологической и хозяйственной эффективности инсектицида Мамба, КЭ для опрыскивания посадок картофеля во время вегетации против колорадского жука.*

*Ключевые слова:* картофель, инсектицид, колорадский жук.

##### **ВВЕДЕНИЕ**

Защита растений, являющаяся одним из важных составных звеньев существующих систем земледелия, обеспечивает сохранение до 40 % выращиваемой сельскохозяйственной продукции.

Одним из легко осуществимых и эффективных методов защиты картофеля от колорадского жука является химический, оправданный и с экономической точки зрения. Однако интенсивное и длительное применение химических средств, особенно с нарушением норм расхода, сроков и кратности обработок, что часто наблюдается на практике, приводит к ряду отрицательных последствий [3].

Основными критериями целесообразности применения инсектицидов являются динамика численности, возрастная и фенотипическая структура популяции с оценкой их по резистентности, вредоносности, фаза развития растений, степень повреждения листовой поверхности, сортовые особенности картофеля, а также механизм и период защитного действия препаратов из разных химических классов. В настоящее время, несмотря на регулярно проводимые защитные мероприятия, сформировалась высокая плотность природных популяций, наблюдается усиление вредоносности колорадского жука в агроценозах картофеля, чему способствует ряд обстоятельств. С одной стороны, это обусловлено экологической пластичностью вида, генетической полиморфностью, способностью вредителя к ускоренной адаптации в разнообразных условиях, а также наличием нескольких типов физиологического покоя (зимняя диапауза и спячка; летний сон; летняя, повторная и многолетняя диапауза), с другой – изменение агроклиматических зон обеспечило создание благоприятных условий для развития колорадского жука [1, 2].

Сдерживающими факторами в распространении, снижении численности и вредоносности фитофага являются совершенствование агротехники, применение

индустриальных технологий, введение в культуру новых районированных сортов и средств защиты растений [2].

Химический метод борьбы с вредителем в последнее время является наиболее действенным и широко применяемым при производстве товарного картофеля. Однако при длительном использовании одних и тех же препаратов у колорадского жука вырабатывается резистентность, что влечет за собой необходимость ротации или замены применяемых химических средств защиты [1].

Ассортимент инсектицидов постоянно обновляется с целью создания более эффективных и безопасных средств защиты растений. Для предотвращения выработки у насекомых резистентности важно чередовать препараты с разными механизмами действия или применять их композиции, поэтому в арсенале средств защиты растений сельскохозяйственных культур должен быть ряд инсектицидов различного состава и способа действия [4].

Одним из препаратов, заслуживающих внимания при производстве картофеля, является Мамба, КЭ (альфа-циперметрин, 150 г/л), применяющийся в качестве инсектицида для опрыскивания посадок во время вегетации против колорадского жука.

Цель работы – изучение биологической и хозяйственной эффективности нового инсектицида Мамба, КЭ на картофеле против колорадского жука.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Исследования проводили на опытном поле РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству» в 2019–2020 гг. Закладка полевого опыта осуществлялась на среднепозднем сорте Вектар. Предшественник – редька масличная на сидеральное удобрение. Почва дерново-подзолистая среднесуглинистая. Содержание гумуса в пахотном слое – 2,8 %,  $P_2O_5$  – 28,1 мг/100 г почвы,  $K_2O$  – 22,3 мг/100 г почвы, реакция почвенной среды (рН) – 5,4. Агротехника и уход за посевами общепринятые.

Схема опыта:

1. Без обработки (контроль);
2. Фаскорд, КЭ – 0,1 л/га (эталон);
3. Мамба, КЭ – 0,05 л/га;
4. Мамба, КЭ – 0,07 л/га.

Обработка испытуемым препаратом осуществлялась однократно. Полевые испытания проводили согласно Методическим указаниям по регистрационным испытаниям инсектицидов [5]. Учет численности вредителя до и после обработки выполняли методом визуального подсчета особей на модельных кустах (по 10 шт. на каждой деланке). Биологическую эффективность применения инсектицида рассчитывали по формуле

$$Эб = \frac{ОД - ОП}{ОД} \times 100,$$

где Эб – биологическая эффективность, %;

ОД – число живых особей вредителя до обработки в опыте, экз., шт.;

ОП – число живых особей вредителя после обработки по срокам учетов в опыте, экз., шт.

Хозяйственную эффективность (прибавку урожая картофеля) защитных мероприятий определяли по формуле

$$X = \frac{A - B}{A} \times 100,$$

где  $X$  – хозяйственная эффективность, %;

$A$  – урожай картофеля в опыте, т/га;

$B$  – урожай картофеля в контроле, т/га.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Развитие колорадского жука на растениях картофеля в 2019 г. можно охарактеризовать как умеренно-эпизоотийное. Выход имаго из зимовки был затянут из-за прохладной первой декады мая, что обусловило небольшую численность вредителя в первой половине вегетации. Далее повышенные температуры во второй и третьей декадах июня способствовали росту численности фитофага, которая достигла порогового значения 20 июня. Учет численности личинок колорадского жука проводился 20 июня 2019 г. через 1 сутки после обработки на модельных маркированных растениях картофеля.

При проведении учета вредителя до внесения инсектицида отмечены яйца, личинки 1–4 возрастов и имаго колорадского жука, заселенность составляла более 50 % кустов картофеля со средним количеством 15,8 особей/куст, что значительно превышало экономический порог вредоносности вредителя.

Средняя численность вредителя в 2019 г. на контрольном варианте составила 19 особей/куст, а на опытных вариантах – 17–22 особей/куст (табл. 1). Преобладали личинки 2-го возраста. Через 1 сутки после обработки выявлено 0,6 и 0,4 живых личинок 2-го возраста. Биологическая эффективность препарата Мамба, КЭ в норме 0,05 и 0,07 л/га составила соответственно 96,8 и 98,1 %. Далее было отмечено незначительное снижение данного показателя, который на 14 сутки после обработки составил **94,7 и 98,1 %**.

Развитие колорадского жука на растениях картофеля в 2020 г. носило умеренно-эпизоотийный характер. Невысокая по сравнению с предыдущими годами численность вредителя в первую половину вегетации культуры была компенсирована его эпизоотийным развитием в конце июля – августе. Несмотря на то что первые жуки были отмечены в третьей декаде мая, своего порогового значения вредитель на картофеле достиг только в третьей декаде июля.

Средняя численность вредителя на контрольном варианте в 2020 г. составила 41,2 особей/куст, а на опытных вариантах 38,2 и 36,7 особей/куст (табл. 2). Преобладали личинки 2-го возраста. Через 1 сутки после обработки выявлено 0,4 и 0,5 живых личинок 2-го возраста. Биологическая эффективность препарата Мамба, КЭ в норме 0,05 и 0,07 л/га составила на первые сутки после обработки **98,8 и 99,0 %**, средние значения данного показателя по трем учетам составили соответственно 98,7 и 98,9 %.

Снижение численности колорадского жука в 2019 г. при применении инсектицида Мамба, КЭ с нормами расхода 0,05 и 0,07 л/га позволило повысить урожайность на **3,0 и 5,8 т/га** и обеспечить хозяйственную эффективность **7,0 и 13,8 %** соответственно. Стоит отметить, что статистически достоверная прибавка урожая (+5,8 т/га) была получена при применении исследуемого препарата с максимальной нормой расхода 0,07 л/га. Максимальная урожайность в опыте была получена при применении Мамба, КЭ с нормой расхода 0,07 л/га и составила 47,8 т/га.

Урожайность в 2020 г. при применении инсектицида Мамба, КЭ 0,05 и 0,07 л/га увеличилась по сравнению с контролем на **5,6 и 8,6 т/га**, а хозяйственная эффективность составила **14,0 и 21,5 %** соответственно. Максимальная урожайность в опыте была получена при применении Мамба, КЭ с нормой расхода 0,07 л/га и составила 48,6 т/га.

Редактор договаривалась с автором пересмотреть до заключения?

РАЗДЕЛ 3. ИММУНИТЕТ И ЗАЩИТА КАРТОФЕЛЯ

Таблица 1 – Биологическая эффективность применения препарата Мамба, КЭ (альфа-циперметрин, 150 г/л), 2019 г.

Вариант	Количество живых особей на куст												Биологическая эффективность, %				
	до обработки				после обработки				среднее	через 1 сутки	через 3 суток	через 7 суток	через 14 суток	среднее			
	I	II	III	IV	через 1 сутки	через 3 суток	через 7 суток	через 14 суток									
Без обработки	14	29	16	17	19,0	29	43	65	64	50,0	–	–	–	–			
Фаскорд, КЭ (эталон)	17	23	24	9	18,0	0,3	0,6	0,3	0,4	0,4	98,3	96,6	97,7	97,7			
Мамба, КЭ, л/га: 0,05	19	12	8	27	17,0	0,6	0,4	0,9	0,9	0,7	96,8	97,6	94,7	96,0			
0,07	10	11	20	45	22,0	0,4	0,4	0,8	0,4	0,5	98,1	98,1	96,4	97,7			

Таблица 2 – Биологическая эффективность применения препарата Мамба, КЭ (альфа-циперметрин, 150 г/л), 2020 г.

Вариант	Количество живых особей на куст												Биологическая эффективность, %				
	до обработки				после обработки				среднее	через 1 сутки	через 3 суток	через 7 суток	через 14 суток	среднее			
	I	II	III	IV	через 1 сутки	через 3 суток	через 7 суток	через 14 суток									
Без обработки	40	39	45	41	41,2	41	46	55	54	49,0	–	–	–	–			
Фаскорд, КЭ (эталон)	32	36	40	45	38,2	0,8	0,5	0,7	0,6	0,6	98,0	98,9	98,7	98,7			
Мамба, КЭ, л/га: 0,05	39	45	30	39	38,2	0,4	0,7	0,6	0,8	0,6	99,0	98,4	98,9	98,7			
0,07	33	41	38	35	36,7	0,5	0,7	0,4	0,6	0,5	98,8	98,5	99,3	98,8			

### РАЗДЕЛ 3. ИММУНИТЕТ И ЗАЩИТА КАРТОФЕЛЯ

Применение препарата Мамба, КЭ позволило увеличить товарность клубней в сравнении с вариантом без обработки на 11–12 % в 2019 г. и на 11,0–12,8 % в 2020 г. (табл. 3).

Таблица 3 – Хозяйственная эффективность препарата Мамба, КЭ против колорадского жука, сорт Вектар

Вариант	Урожайность,				Товарность, %		Хозяйственная эффективность, %	
	т/га		прибавка, т/га		2019 г.	2020 г.	2019 г.	2020 г.
	2019 г.	2020 г.	2019 г.	2020 г.				
Без обработки	42,0	40,0	–	–	85,0	83,0	–	–
Фаскорд, КЭ (эталон)	44,0	45,3	+2,0	+5,3	94,1	93,4	5,0	13,2
Мамба, КЭ, л/га:								
0,05	45,0	45,6	+3,0	+5,6	96,0	95,8	7,0	14,0
0,07	47,8	48,6	+5,8	+8,6	97,0	94,0	13,8	21,5
НСР <sub>05</sub>	–		5,6	5,1	–			

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Двухлетние испытания показали, что биологическая эффективность инсектицида Мамба, КЭ против колорадского жука с нормами расхода 0,05 и 0,07 л/га находится на одном уровне с эталонным вариантом с применением инсектицида Фаскорд, КЭ. Биологическая эффективность Мамба, КЭ с нормой расхода 0,05 л/га через 14 суток после обработки составила 98,7 %, хозяйственная – 14,0 %; с нормой расхода 0,07 л/га – 98,9 и 21,5 % соответственно, что позволяет рекомендовать его к государственной регистрации в Республике Беларусь для применения в качестве инсектицида для обработки растений картофеля от колорадского жука субъектами хозяйствования и для розничной продажи населению.

### Список литературы

1. Адрианов, А. Д. Биологизированная система защиты раннего картофеля от колорадского жука в Республике Башкортостан / А. Д. Адрианов, Д. А. Адрианов // Картофельводство : сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству ; редкол.: В. Г. Иванюк (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2008. – Т. 14. – С. 334–349.
2. Бречко, Е. В. Биологические особенности колорадского жука / Е. В. Бречко // Защита растений : сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию ; редкол.: Л. И. Трешко (гл. ред.) [и др.]. – Несвиж, 2010. – Вып. 34. – С. 149–159.
3. Быховец, С. Л. Меры предупреждения развития устойчивости колорадского жука к инсектицидам в Белоруссии / С. Л. Быховец // Пути дальнейшего совершенствования защиты растений в республиках Прибалтики и Белоруссии : тез. докл. науч.-произв. конф., Рига, 1983. – Ч. 1. – С. 41–42.
4. Иванюк, В. Г. Защита картофеля от болезней, вредителей и сорняков / В. Г. Иванюк, С. А. Банадысев, Г. К. Журомский. – Минск : Белпринт, 2005. – 695 с.
5. Методические указания по регистрационным испытаниям инсектицидов, акарицидов, моллюскоцидов, родентицидов и ферромонов в сельском хозяйстве / Ин-т защиты растений ; сост. Л. И. Трешко [и др.]. – Прилуки, 2009. – 318 с.

Поступила в редакцию 25.01.2021 г.

I. I. BUSKO, V. N. NAZAROV, I. V. LEVANTSEVICH,  
L. A. MANTSEVICH, M. M. TIMONOVA

**MAMBA, EC – NEW INSECTICIDE FOR POTATOES PROTECTION  
AGAINST THE COLORADO BEETLE**

**SUMMARY**

*The research results of the biological and economic efficiency of the insecticide Mamba, EC for spraying potatoes plantings during the growing season against the Colorado potato beetle are presented in the article*

*Key words:* potatoes, insecticide, Colorado potato beetle.

УДК 635.21:631.532.2.027.2:632.952

<https://doi.org/10.47612/0134-9740-2020-28-79-84>

**И. В. Леванцевич, И. И. Бусько, Л. А. Манцевич,  
В. Н. Назаров, М. М. Тимохова**

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук  
Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»,  
аг. Самохваловичи, Минский район

E-mail: zachita@tut.by

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ НОВОГО ПРЕПАРАТА БАГРЕЦ ПЛЮС, КС ДЛЯ ПРЕДПОСАДОЧНОЙ ОБРАБОТКИ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ**

### **РЕЗЮМЕ**

*Представлены результаты изучения биологической и хозяйственной эффективности протравителя Багрец Плюс, КС в период 2019–2020 гг. для предпосадочной обработки семенных клубней против ризоктониоза, парши обыкновенной и колорадского жука.*

*Ключевые слова:* картофель, эффективность, болезни, вредители.

### **ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время все более актуальной становится проблема предпосадочной обработки клубней картофеля, поскольку нарастает вредоносность ризоктониоза, серебристой парши, антракноза, сухой фузариозной гнили, альтернариоза, фитофтороза и других болезней как во время вегетации, так и во время хранения [1, 5].

Ризоктониоз, или черная парша, вызываемый грибом *Rhizoctonia solani* Kuhn., поражает всходы картофеля в поле, основание стеблей, корни, столоны и клубни нового урожая. Болезнь вредоносна при всех формах ее проявления. Заболевание особенно опасно при поражении ростков в период после посадки: задерживается появление всходов, клубни дают ослабленные побеги или они погибают, не образуя всходов. В этом случае посадки картофеля сильно изреживаются. На начальных этапах онтогенеза растений их интенсивное поражение возбудителем болезни приводит к отмиранию основных и образованию боковых побегов, которые также подвергаются действию гриба. Ослабленные растения плохо растут, количество основных побегов уменьшается. В отдельные годы гибель растений достигает 15–20 % и более.

Ризоктониоз существенно снижает качество семенного картофеля и урожайность клубней. Потери урожая в настоящее время при благоприятных условиях для развития возбудителя болезни могут достигать 30–45 %, а проявление «белой ножки» на взрослых растениях достигает 100 % [1].

Кроме того, одной из главных причин снижения продуктивности растений картофеля является повреждаемость их колорадским жуком, по уровню численности и вредоносности относящимся к числу супердоминантных вредоносных видов насекомых. В настоящее время в агроценозах картофеля поддерживается постоянно высокая численность и вредоносность колорадского жука. Основной вред растениям причиняют личинки 3–4-го возрастов первой генерации [1].

С целью снижения запасов инфекции семенной материал картофеля перед посадкой или в процессе посадки рекомендуется протравливать протравителями фунгицидного

### РАЗДЕЛ 3. ИММУНИТЕТ И ЗАЩИТА КАРТОФЕЛЯ

действия, инсектицидного или инсектофунгицидами. При этом лучший эффект может быть получен от применения препаратов широкого спектра действия, что позволяет за одну обработку защитить культуру от нескольких вредных объектов. Протравливание клубней можно проводить различными способами: с помощью специальных приспособлений, устанавливаемых на транспортерах и сажалках; путем погружения контейнеров с клубнями в ванны с рабочим раствором протравителя, опрыскиванием перебранных клубней на площадках [4, 5].

Одним из новых протравителей, заслуживающих внимания при производстве картофеля, является Багрец Плюс, КС (ацетомиприд, 250 г/л + флудиоксанил, 50 г/л + азоксистробин, 21 г/л) для обработки семенных клубней против ризиктониоза, парши обыкновенной и колорадского жука.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Исследования проводили на опытном поле РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству» в 2019–2020 гг. Закладка полевого опыта осуществлялась на среднераннем сорте Манифест. Предшественник – редька масличная на сидеральное удобрение. Почва дерново-подзолистая, среднесуглинистая. Содержание  $P_2O_5$  28,1 мг/100 г почвы, содержание  $K_2O$  – 22,3 мг/100 г почвы, реакция почвенной среды (рН) – 5,4.

Вид опыта – мелкоделяночный, повторность опыта четырехкратная, площадь – 25,2 м<sup>2</sup>. Агротехника и уход за посевами общепринятые.

*Схема опыта:*

1. Вариант без обработки;
2. Престиж, КС (эталон) – 0,7 л/т;
3. Багрец Плюс, КС – 0,6 л/т.

При испытании препарата в качестве протравителя учитывали всхожесть клубней, поражение ростков ризиктониозом, число стеблей в кусте и высоту растений, во время вегетации проведены учеты по колорадскому жуку, во время уборки – поражение клубней гнилями и продуктивность растений, заселенность клубней нового урожая склероциями возбудителя ризиктониоза и парши обыкновенной [2, 3].

Клубни, пораженные различными видами гнилей (грибными и бактериальными), считали абсолютными отходами и не учитывали при определении урожайности.

В фазу полных всходов устанавливали степень поражения ростков по шкале, представленной в таблице 1.

Для оценки степени заселенности клубней нового урожая склероциями возбудителя ризиктониоза использовали шкалу, представленную в таблице 2.

Таблица 1 – Шкала оценки развития ризиктониоза на ростках

Заселенность, балл	Описание поражений
0	Симптомы поражения отсутствуют
1	Пятна одиночные, малые, светло-коричневые
3	Пятна более глубокие, но не охватывающие всей окружности ростка и достигающие не более ¼ его длины
5	Язвы глубокие, охватывающие всю окружность и до ½ длины ростка
7	Язвы очень глубокие и длинные, охватывающие всю окружность ростка и более ¾ его длины
9	Гибель верхней части или всего ростка



Биологическую эффективность рассчитывали по формуле

$$B = \frac{P - P_1}{P} \times 100,$$

где  $B$  – биологическая эффективность, %;

$P$  и  $P_1$  – развитие болезни, численность вредных объектов в контроле и опыте соответственно, %.

Хозяйственную эффективность (прибавку урожая) защитных мероприятий определяли по формуле

$$X = \frac{A - B}{B} \times 100,$$

где  $X$  – хозяйственная эффективность, %;

$A$  – урожай в опыте, т/га;

$B$  – урожай в контроле, т/га.

Вегетационный период 2019 г. отмечался неравномерным уровнем выпадения осадков и повышенной температурой воздуха в июне. Третья декада мая была особенно засушлива, выпало только 15,8 % осадков от нормы. Повышенная температура (на 5,0–6,2 °C выше нормы) и небольшое количество осадков (47,1–52,8 % от нормы) отмечалось также и в первой-второй декадах июня, в то время как в третью декаду выпало 100 % от среднееголетнего количества осадков.

В целом развитие колорадского жука на растениях картофеля в 2019 г. можно охарактеризовать как умеренно-эпизоотийное. Сравнительно с предыдущими годами невысокая численность вредителя в первую половину вегетации культуры была компенсирована его эпизоотийным развитием в конце июля – августе.

Вегетационный период 2020 г. отмечался высоким уровнем выпадения осадков и повышенной температурой воздуха. Данные условия в целом способствовали заселению кустов картофеля колорадским жуком, однако частые ливневые дожди, отмечавшиеся в течение практически всего периода вегетации культуры, несколько сдерживали этот процесс. Осадки, выпадавшие в мае-июне и вызвали значительное переуплотнение почвы, приблизительно на неделю задержали всходы растений картофеля.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Весеннее протравливание изучаемым препаратом за двухлетний период исследований (2019–2020 гг.) не оказало существенного влияния на всхожесть клубней, высоту растений и число стеблей. Полные всходы были получены во всех вариантах.

Применение препарата Багрец Плюс, КС в 2019 г. позволило существенно снизить поражение ростков ризоктониозом – на 22,5 % (табл. 3). Биологическая эффективность против ризоктониоза была наибольшей в варианте с применением Багрец Плюс, КС и составила 69,2 % на ростках и 25,0 % на клубнях, превысив эталонный вариант на

Таблица 2 – Шкала оценки поражения клубней ризоктониозом

Заселенность, балл	Описание поражений
1	Склероции на поверхности клубня отсутствуют
3	Заселено склероциями до 25 % поверхности клубня
5	Заселено склероциями от 26 до 50 % поверхности клубня
7	Заселено склероциями от 51 до 75 % поверхности клубня
9	Заселено склероциями от 76 до 100 % поверхности клубня

РАЗДЕЛ 3. ИММУНИТЕТ И ЗАЩИТА КАРТОФЕЛЯ

8 Таблица 3 – Влияние предпосадочного протравливания клубней препаратом Багрец Плюс, КС на рост, развитие и поражаемость картофеля ризоктониозом, паршой обыкновенной (сорт Манифест, 2019–2020 гг.)

Вариант	Всхожесть, %	Высота растений, см	Число стеблей, шт/куст	Развитие парши обыкновенной, %	Развитие ризоктониоза, %		Биологическая эффективность против ризоктониоза, %		Биологическая эффективность против парши на клубнях, %	Урожайность, т/га	Прибавка урожая, т/га	Хозяйственная эффективность, %	Товарность, %
					на ростках	на клубнях	на ростках	на клубнях					
2019 г.													
Без обработки	100,0	67,7	5,5	29,0	32,5	23,5	–	–	47,7	–	–	–	90,1
Престиж, КС (эталон)	100,0	73,5	5,5	27,0	17,5	21,0	46,1	60,7	52,2	+4,5	8,6	89,3	
Багрец Плюс, КС	100,0	71,6	6,2	26,5	10,0	17,5	69,2	67,8	58,2	+10,5	18,0	94,4	
НСР <sub>05</sub>									6,8				
2020 г.													
Без обработки	100,0	80,5	6,9	29,0	43,5	36,5	–	–	22,0	–	–	–	85,1
Престиж, КС (эталон)	100,0	81,0	7,3	17,0	26,3	10,0	39,5	72,6	28,6	+6,6	30,0	94,3	
Багрец Плюс, КС	100,0	78,5	8,2	16,5	20,8	9,5	52,2	73,9	31,3	+9,3	42,2	96,1	
НСР <sub>05</sub>									4,8				

РАЗДЕЛ 3. ИММУНИТЕТ И ЗАЩИТА КАРТОФЕЛЯ

23,1 и 13,1 % соответственно. Влияние изучаемого протравителя на развитие парши обыкновенной было незначительным, снижение составило 2,5 %, а биологическая эффективность – 8,6 %.

Предпосадочная обработка клубней препаратом Багрец Плюс, КС позволила существенно снизить численность колорадского жука. Биологическая эффективность через 14 суток после появления личинок 1-2-го возраста в варианте с применением препарата составила 97,1 % и оказалась на уровне эталона Престиж, КС (табл. 4).

Таким образом, в 2019 г. самая высокая урожайность получена в варианте с применением препарата Багрец Плюс, КС и составила 58,2 т/га, что на 10,5 т/га выше, чем в контроле, а показатель хозяйственной эффективности составил 18 % (см. табл. 3).

Предпосадочная обработка клубней препаратом Багрец Плюс, КС в 2020 г. позволила существенно снизить поражение ростков ризоктониозом – на 22,7 %. Биологическая эффективность против ризоктониоза была наибольшей также в варианте с его применением и составила 52,2 % на ростках и 73,9 % на клубнях, превысив эталонный вариант на 12,7 и 1,3 % соответственно. Влияние изучаемого протравителя на развитие парши обыкновенной было незначительным, снижение составило 12,5 %, а биологическая эффективность – 43,1 %.

Биологическая эффективность против колорадского жука на третьи сутки после появления личинок составила 100 % как в варианте Багрец Плюс, КС, так и в эталоне Престиж, КС (табл. 5). Далее отмечалось незначительное снижение данного показателя. Через 14 суток после появления личинок в варианте без обработки выявлено 14 особей на куст, в вариантах Багрец Плюс, КС и Престиж, КС – 0,6 и 0,5 живых личинок 2-го возраста соответственно. Биологическая эффективность препарата Багрец Плюс, КС в норме 0,6 л/т через 14 суток составила 95,7 %.

Наибольшая прибавка урожая в 2020 г. была получена в варианте с применением препарата Багрец Плюс, КС и составила 31,3 т/га, что на 9,3 т/га выше, чем в контроле, а показатель хозяйственной эффективности составил 42,2 % (см. табл. 3). Также стоит отметить более значительный выход товарной фракции клубней в варианте Багрец Плюс, КС, который был выше варианта без обработки на 4,3–9,0 %.

Таблица 4 – Биологическая эффективность применения препарата Багрец Плюс, КС на картофеле против колорадского жука, 2019 г.

Вариант	Количество живых особей через 3, 7, 14 суток после появления личинок, особей/куст			Биологическая эффективность, через 14 дней, %
	3	7	14	
Без обработки	16,0	14,0	14,0	–
Престиж, КС (эталон)	0,0	0,3	0,2	98,6
Багрец Плюс, КС	0,0	0,6	0,4	97,1

Таблица 5 – Биологическая эффективность применения препарата Багрец Плюс, КС на картофеле против колорадского жука, 2020 г.

Вариант	Количество живых особей через 3, 7, 14 суток после появления личинок, особей/куст			Биологическая эффективность, %		
	3	7	14	3	7	14
Без обработки	12,0	10,0	14,0	–	–	–
Престиж, КС (эталон)	0,0	0,4	0,5	100,0	96,0	96,4
Багрец Плюс, КС	0,0	0,4	0,6	100,0	96,0	95,7

Клубневых гнилей (сухих, мокрых бактериальных, резиновой) при проведении учета во время уборки выявлено не было.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

За период исследований (2019–2020 гг.) вариант с применением препарата Багрец Плюс, КС (0,6 л/т) показал наибольшую биологическую эффективность против ризоктониоза на клубнях, которая составила 67,8–73,9 %, превысив эталон на 1,3–7,1 %. На ростках данный показатель составил 52,2–69,2 % (выше эталонного варианта на 12,7–23,1 %). Эффективность протравителя против парши обыкновенной была заметно ниже и варьировала от 18,6 до 43,1 %. Применение Багрец Плюс, КС позволило снизить численность колорадского жука на 95,7 %. Самая высокая урожайность в 2019 г. была получена в варианте с применением препарата Багрец Плюс, КС и составила 58,2 т/га, что на 10,5 т/га выше, чем в контроле, а показатель хозяйственной эффективности составил 18 %. В 2020 г. прибавка урожая была несколько ниже и составила +9,3 т/га.

Таким образом, препарат Багрец Плюс, КС показал высокую биологическую и хозяйственную эффективность против ризоктониоза и колорадского жука при весеннем предпосадочном протравливании клубней.

### Список литературы

1. Иванюк, В. Г. Защита картофеля от болезней, вредителей и сорняков / В. Г. Иванюк, С. А. Банадысев, Г. К. Журомский. – Минск : Белпринт, 2005. – 696 с.
2. Методические указания по оценке селекционного материала картофеля на устойчивость к фитофторозу, ризоктониозу, бактериальным болезням и механическим повреждениям / НИИКХ. – М., 1980. – 52 с.
3. Методические указания по регистрационным испытаниям инсектицидов, акарицидов, моллюскоцидов, родентицидов и ферромонов в сельском хозяйстве / Институт защиты растений ; сост. Л. И. Трешко [и др.]. – Прилуки, 2009. – 318 с.
4. Банадысев, С. А. Технология возделывания продовольственного картофеля с урожайностью 400–500 ц/га : анализ. обзор / С. А. Банадысев, И. И. Бусько, И. И. Колядко. – Минск, 2001. – 42 с.
5. Шпаар, Д. Картофель: возделывание, уборка, хранение / Д. Шпаар, А. Быкин, Д. Дрегер ; под ред. Д. Шпаара. – Торжок : ООО «Вариант», 2004. – 466 с.

Поступила в редакцию 07.12.2020 г.

I. V. LEVANTSEVICH, I. I. BUSKO, L. A. MANTSEVICH,  
V. N. NAZAROV, M. M. TIMONOVA

### EFFICIENCY OF A NEW PREPARATION BAGRETS PLUS, KS FOR PRE-PLANT TREATMENT OF POTATOES TUBERS

#### SUMMARY

*The research results of the biological and economic efficiency of the Bagrets Plus, KS dressing agent in the period 2019–2020 for the pre-planting treatment of seed tubers for the control of Rhizoctonia rot, common scab and Colorado potato beetle are presented.*

*Key words:* potatoes, efficiency, diseases, pests.

УДК 635.21.631.524.86:632.3/4

<https://doi.org/10.47612/0134-9740-2020-28-85-90>**И. В. Леванцевич, И. И. Бусько, Л. А. Манцевич,  
В. Н. Назаров, М. М. Тимохова**

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук  
Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»,  
аг. Самохваловичи, Минский район  
E-mail: zachita@tut.by

## ОЦЕНКА СЕЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА УСТОЙЧИВОСТЬ К КЛУБНЕВЫМ ГНИЛЯМ

### РЕЗЮМЕ

Представлены результаты изучения устойчивости образцов конкурсного сортоиспытания отдела селекции картофеля к раневой водянистой, фузариозной и антракнозной гнилям в период 2019–2020 гг.

Ключевые слова: картофель, устойчивость, болезни хранения.

### ВВЕДЕНИЕ

Поражение картофеля болезнями во время вегетации и хранения вызывает потери урожая, которые достигают 30–50 % и более [3]. Высокие потери урожая от болезней объясняются биологическими особенностями самого растения-хозяина и степенью приспособленности к нему возбудителей болезней, которые на картофеле развиваются в течение круглого года: от посадки в поле до закладки на хранение и затем во время хранения [3, 4].

Раневая водянистая гниль даже при небольшой распространенности способна приносить существенный ущерб, что вызвано отсутствием разработанных мер защиты и быстрым развитием при поражении клубней. Возбудителем болезни является оомицет *Rhizium ultimum* Trow. При заболевании на поверхности клубней появляются влажные черные пятна, под которыми образуются язвы. Ткани вокруг язв влажные и темные. На поверхности язв покровная ткань натягивается и когда прорывается, то из больных нижележащих тканей выделяется специфическая жидкость. Возбудители болезни сохраняются в почве и проникают в клубни только через механические повреждения [1, 3, 7].

Сухая фузариозная гниль клубней распространена повсеместно, в том числе и в Беларуси, где она является особенно вредоносной, учитывая ежегодно складывающиеся оптимальные условия для ее развития. Потери клубней при хранении в условиях республики достигают 7–11 %, а при повышенной температуре и влажности – до 50 % [3].

Видовой состав возбудителей сухой гнили клубней зависит от почвенно-климатических условий. В условиях Беларуси в патогенезе сухих гнилей клубней картофеля участвуют 11 видов грибов рода *Fusarium*: *F. sambucinum* var. *sambucinum*, *F. sambucinum* var. *coeruleum*, *F. culmorum* var. *culmorum*, *F. sulphureum*, *F. coeruleum*, *F. solani* var. *solani*, *F. merismoides* var. *merismoides*, *F. avenaceum* var. *avenaceum*, *F. oxysporum* var. *oxysporum*, *F. nivale* var. *nivale* и *F. Ventricosum* [4].

Вредоносность антракноза заключается в преждевременном отмирании ботвы и загнивании клубней в период вегетации и хранения. В период хранения на клубнях заболевание проявляется также в трех формах: черная мокрая гниль; сухая гниль

и черная точечность; кольцевой некроз. В поле болезнь обнаруживается в самом конце вегетации. У больных растений желтеют листья верхнего яруса, доли листьев скручиваются и отмирают. Позже растение становится бурым, полностью увядает и погибает. Возбудителем болезни является несовершенный гриб – *Colletotrichum atromentarium* (Berk. et Br.) Taub. [3].

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Исследования проводили в лаборатории отдела иммунитета и защиты картофеля РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству» в 2019–2020 гг. В качестве материала для проведения оценки использовали гибриды конкурсного сортоиспытания отдела селекции картофеля.

Для заражения антракнозом клубни перед инокулированием промывали под проточной водой и обсушивали. Затем в треугольный надрез в столонной части клубня помещали агаровый блок (0,5 см) с 10-дневной культурой *C. atromentarium* (Berk. et Br.) Taub., края надреза заливали расплавленным парафином, закладывали клубни в бумажные пакеты и инкубировали при температуре 27 °С в течение 21 суток [6].

Устойчивость определяли по доле пораженной ткани клубня по 9-балльной шкале [5]:

- 9 – поражение отсутствует;
- 7 – поражено от 1 до 20 % ткани клубня;
- 5 – поражено 30–40 % ткани клубня;
- 3 – поражено 50–60 % ткани клубня;
- 1 – поражено > 60 % ткани клубня.

Для заражения сухой фузариозной гнилью в клубнях прокалывали отверстия и в полученные ранки пипеткой вносили капли смеси суспензии конидий возбудителей болезни (*F. avenaceum*, *F. Oxysporum*, *F. sulphureum*, *F. coeruleum*, *F. sambucinum*) в концентрации  $1 \times 10^5$  конидий/мл. Инокулированные клубни выдерживали 10–12 часов во влажной камере и затем инкубировали 20 дней при температуре 21 °С. Устойчивость определяли по доле пораженной ткани клубня по 9-балльной шкале [2]:

- 9 – поражение отсутствует;
- 8 – поражено от 1 до 10 % ткани клубня;
- 7 – поражено от 11 до 20 % ткани клубня;
- 5 – поражено 21–40 % ткани клубня;
- 3 – поражено 41–60 % ткани клубня;
- 1 – поражено > 60 % ткани клубня.

Перед инокуляцией возбудителем раневой водянистой гнили клубни тщательно отмывали в проточной воде и просушивали. Стерилизовали с поверхности этиловым спиртом и слегка обжигали. На клубне вырезали кусочек ткани. В полученное отверстие помещали кусочек агара диаметром 5 мм с активно растущей культурой гриба *P. ultimum* Trow. Культуру оомицета выращивали на картофельно-глюкозном агаре. Отверстие с помещенным в него инфекционным материалом закрывали ранее удаленным кусочком ткани. Зараженные клубни инкубировали в условиях 100 % влажности при температуре 20–22 °С в течение 6 суток. Устойчивость образцов определяли по степени пораженности тканей клубня по нижеприведенной шкале [5]:

- 9 – некрозы отсутствуют;
- 7 – поражено до 1/3 ткани клубня;
- 5 – поражено от 1/3 до 2/3 ткани клубня;
- 3 – поражено более 2/3 ткани клубня;
- 1 – полная гибель клубня.

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

В результате оценки селекционных образцов картофеля конкурсного сортоиспытания в 2019 г. по признаку устойчивости к возбудителю сухой фузариозной гнили было выделено: 11 (20,8 %) гибридов с высокой устойчивостью, 16 (30,2) – с относительно высокой, 20 (37,7) со средней степенью устойчивости и 6 образцов (11,3 %) с низкой устойчивостью (табл. 1). Гибриды с высокой устойчивостью: 44-14-15, 3375-3, 3463-9, 3474-1, 9053-2, 9065-6, 123119-4 могут быть рекомендованы для использования в дальнейших селекционных программах (табл. 2).

При оценке селекционных гибридов на устойчивость к раневой водянистой гнили относительно высокой устойчивостью обладали 12 (22,6 %) гибридов, средней – 33 (62,3), низкой – 7 (13,2), очень низкой – 1 (1,9 %). В качестве источников устойчивости могут быть рекомендованы гибриды: 123036-9, 123056-6, 32-10-40, 3287-12, 3469-3.

В результате оценки селекционных гибридов картофеля конкурсного сортоиспытания по признаку устойчивости к возбудителю антракноза были выделены: 1 (1,9 %)

Таблица 1 – Результаты оценки селекционных гибридов картофеля на устойчивость к клубневым гнилям (урожай 2018 г.)

Степень устойчивости	Раневая водянистая гниль		Сухая фузариозная гниль		Антракноз	
	шт.	%	шт.	%	шт.	%
Очень высокая	–	–	–	–	–	–
Высокая	–	–	11	20,8	1	1,9
Относительно высокая	12	22,6	16	30,2	21	39,6
Средняя	33	62,3	20	37,7	27	51,0
Низкая	7	13,2	6	11,3	4	7,5
Очень низкая	1	1,9	–	–	–	–
<b>Всего</b>	<b>53</b>	<b>100,0</b>	<b>53</b>	<b>100,0</b>	<b>53</b>	<b>100,0</b>

Таблица 2 – Характеристика устойчивости к болезням клубней гибридов конкурсного сортоиспытания, 2019 г.

Гибрид	Антракноз		Сухая фузариозная гниль		Раневая водянистая гниль	
	Балл	Степень устойчивости	Балл	Степень устойчивости	Балл	Степень устойчивости
123036-9	6,2	С	6,2	С	7,0	ОТВ
123056-6	5,8	С	7,6	ОТВ	7,0	ОТВ
123119-4	7,4	ОТВ	8,0	В	7,0	ОТВ
32-14-40	5,6	С	3,4	Н	4,2	Н
3287-12	5,8	С	5,6	С	7,0	ОТВ
3375-3	7,0	ОТВ	8,2	В	5,8	С
3463-9	6,6	С	8,0	В	5,4	С
3469-3	5,4	С	3,8	Н	7,0	ОТВ
3474-1	8,6	В	8,2	В	6,2	С
44-14-15	7,4	ОТВ	8,2	В	6,6	С
9053-2	9,0	ОВ	8,0	В	5,8	С
9065-6	8,2	В	8,2	В	6,2	С
6-12-10	7,0	ОТВ	7,0	ОТВ	7,0	ОТВ
123036-17	7,4	ОТВ	7,4	ОТВ	4,2	Н

Примечание. Н – низкая устойчивость; С – средняя устойчивость; ОТВ – относительно высокая устойчивость; В – высокая устойчивость; ОВ – очень высокая устойчивость.

### РАЗДЕЛ 3. ИММУНИТЕТ И ЗАЩИТА КАРТОФЕЛЯ

образец с высокой устойчивостью, 21 (39,6) – с относительно высокой и 27 (51,0 %) гибридов со средней степенью устойчивости. Низкую устойчивость к антракнозу проявили 4 (7,5 %) образца. В качестве источников устойчивости могут быть рекомендованы гибриды: 9053-2, 9065-6, 3474-1 и др.

В 2020 г. по признаку устойчивости к возбудителю сухой фузариозной гнили оценили 56 селекционных образцов картофеля конкурсного сортоиспытания. Было выделено 7 (12,5 %) гибридов с высокой устойчивостью, 16 (28,6) – с относительно высокой, 25 (44,6) со средней и 8 образцов (14,3 %) с низкой устойчивостью (табл. 3). Гибриды с высокой устойчивостью: 10016-8, 9026-18, 9074-16, 10016-3, 143179-11, 143179-30, 143179-12 могут быть рекомендованы для использования в дальнейших селекционных программах (табл. 4).

Таблица 3 – Результаты оценки селекционных гибридов картофеля на устойчивость к клубневым гнилям (урожай 2019 г.)

Степень устойчивости	Раневая водянистая гниль		Сухая фузариозная гниль		Антракноз	
	шт.	%	шт.	%	шт.	%
Очень высокая	–	–	–	–	–	–
Высокая	–	–	7	12,5	–	–
Относительно высокая	6	10,7	16	28,6	32	57,1
Средняя	35	62,5	25	44,6	19	34,0
Низкая	10	17,9	8	14,3	4	7,1
Очень низкая	5	8,9	–	–	1	1,8
<b>Всего</b>	<b>56</b>	<b>100,0</b>	<b>56</b>	<b>100,0</b>	<b>56</b>	<b>100,0</b>

Таблица 4 – Характеристика устойчивости к болезням клубней гибридов конкурсного сортоиспытания, 2020 г.

Гибрид	Антракноз		Сухая фузариозная гниль		Раневая водянистая гниль	
	Балл	Степень устойчивости	Балл	Степень устойчивости	Балл	Степень устойчивости
10016-8	8,2	В	8,0	В	7,0	ОТВ
143175-1	5,0	С	5,4	С	7,0	ОТВ
143179-11	6,2	С	8,0	В	6,2	С
143179-12	7,0	ОТВ	8,0	В	3,0	Н
143179-30	8,2	В	8,0	В	5,0	С
113130-20	7,8	ОТВ	7,4	ОТВ	4,6	Н
3375-3	7,8	ОТВ	7,6	ОТВ	5,0	С
3397-18	6,2	С	7,0	ОТВ	7,0	ОТВ
3463-9	8,2	В	7,0	ОТВ	1,8	ОН
3471-10	7,4	ОТВ	5,8	С	5,0	С
3518-43	7,8	ОТВ	7,2	ОТВ	7,0	ОТВ
9025-2	8,2	В	7,0	ОТВ	6,2	С
9026-18	7,4	ОТВ	8,0	В	6,2	С
9065-16	6,2	С	5,4	С	6,6	С
9073-5	4,2	Н	5,4	С	7,0	ОТВ
9065-29	7,4	ОТВ	7,6	ОТВ	5,4	С
9074-16	7,8	ОТВ	7,0	ОТВ	6,6	С

Примечание. ОН – очень низкая устойчивость; Н – низкая устойчивость; С – средняя устойчивость; ОТВ – относительно высокая устойчивость; В – высокая устойчивость.



Из 56 селекционных гибридов, оцененных на устойчивость к раневой водянистой гнили, относительно высокой устойчивостью обладали 6 (10,7 %) гибридов, 35 (62,5) – средней устойчивостью, 10 (13,2) – низкой, 5 (8,9 %) – очень низкой. В качестве источников устойчивости могут быть рекомендованы гибриды: 10016-8, 143175-1, 2515-5, 3397-18, 3518-43, 9073-5.

В результате оценки селекционных гибридов картофеля конкурсного сортоиспытания по признаку устойчивости к возбудителю антракноза были выделены 32 (57,1 %) образца с относительно высокой устойчивостью и 19 (34,0 %) гибридов со средней степенью устойчивости. Низкую устойчивость к антракнозу проявили 4 (7,1 %) образца, очень низкую – 1 (1,8 %). В качестве источников устойчивости могут быть рекомендованы гибриды: 143179-30, 9025-2, 10016-8, 3463-9, 3471-10, 3375-3 и др.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В качестве источников устойчивости к сухой фузариозной, раневой водянистой гнилям и антракнозу в 2019 г. могут быть рекомендованы следующие гибриды: 123119-4, 6-12-10. Кроме того, стоит отметить сортообразцы 123036-17, 44-14-15, 3375-3, 9053-2, 9065-6, 3474-1, проявившие высокую и относительную устойчивость к антракнозу и сухой фузариозной гнили, а также гибрид 123056-6, который оказался относительно устойчивым к сухой фузариозной и раневой водянистой гнилям.

В 2020 г. устойчивость не ниже относительно высокой по трем болезням (сухая фузариозная, раневая водянистая гнили и антракноз) проявили гибриды 10016-8, 3518-43. Также стоит отметить сортообразцы 113130-20, 143179-12, 3375-3, 9025-2, 9026-18, 9065-29, 9074-16, проявившие высокую и относительную устойчивость к антракнозу и сухой фузариозной гнили.

По результатам двухлетних исследований гибрид 3375-3 может быть рекомендован в качестве источника устойчивости к антракнозу и сухой фузариозной гнили, сортообразец 3463-9 – к сухой фузариозной гнили.

### Список литературы

1. Билай, В. И. Микроорганизмы – возбудители болезней растений / В. И. Билай. – Киев : Навукова думка, 1988. – 442 с.
2. Дорожкин, Н. А. Методы оценки устойчивости к фузариозной гнили / Н. А. Дорожкин, В. Т. Михальчик // Селекция и семеноводство. – 1979. – № 3. – С. 18–20.
3. Иванюк, В. Г. Защита картофеля от болезней, вредителей и сорняков / В. Г. Иванюк, С. А. Банадысев, Г. К. Журомский. – Минск : Белпринт, 2005. – 695 с.
4. Михаленя, О. Н. Грибы рода *Fusarium*, паразитирующие на картофеле в Беларуси / О. Н. Михаленя, Д. А. Ильяшенко, И. И. Бусько // Картофелеводство : сб. науч. тр.: в 2 ч. / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству ; редкол.: С. А. Турко (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2013. – Т. 21, ч. 1. – С. 334–349.
5. Методические указания по оценке картофеля на устойчивость к клубневым гнилям / Д. А. Ильяшенко [и др.] ; Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству. – Самохваловичи, 2010. – 52 с.
6. Distribution and fungicide sensitivity of *Colletotrichum coccodes* in French potato-producing areas / D. Andrivon [et al.] // Plant Pathology. – 1997. – Vol. 46. – P. 722–728.
7. Platt, R. Maladies de la pomme de terre causées par des oomycètes Cahiers Agricultures / R. Platt // Cahiers Agricultures. – 2008. – Vol. 17, № 4. – P. 361–367.

Поступила в редакцию 21.12.2020 г.

I. V. LEVANTSEVICH, I. I. BUSKO, L. A. MANTSEVICH,  
V. N. NAZAROV, M. M. TIMONOVA

**EVALUATION OF PROSPECTIVE BREEDING MATERIAL  
FOR RESISTANCE OF TUBER ROTS**

**SUMMARY**

*The research results of samples resistance of competitive variety testing of the potatoes selection department to wound watery, fusarium and anthracnose rot in the period 2019–2020 are presented.*

*Key words:* potatoes, resistance, storage diseases.

УДК 635.21:[631.524.86:632.484]

<https://doi.org/10.47612/0134-9740-2020-28-91-96>**В. Н. Назаров, И. И. Бусько, И. В. Леванцевич, Л. А. Манцевич,  
М. М. Тимохова**

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук  
Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»,  
аг. Самохваловичи, Минский район  
E-mail: zachita@tut.by

## **ОЦЕНКА СЕЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА КАРТОФЕЛЯ ПО РОСТКАМ И КЛУБНЯМ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К РИЗОКТОНИОЗУ**

### **РЕЗЮМЕ**

*В статье представлены двухлетние данные по устойчивости гибридов картофеля к *Rhizoctonia solani* Kuhn. Дана оценка селекционного материала картофеля по росткам и клубням на устойчивость к ризоктониозу и рекомендованы гибриды для вовлечения в селекционный процесс.*

*Ключевые слова:* картофель, ризоктониоз, устойчивость, селекция.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Гриб *Rhizoctonia solani* Kuhn. поражает свыше 230 видов растений [1]. Ризоктониоз картофеля по распространенности и вредоносности занимает второе место после фитофтороза. Этот гриб поражает как ростки, так и клубни. Сведения о встречаемости заболевания в пределах Беларуси недостаточно полные. Это связано с тем, что произошедшие в настоящее время значительные изменения в фитопатологической ситуации на картофеле, в биологии возбудителя ризоктониоза, связанные со сменой районированных сортов, изменением ассортимента фунгицидов-протравителей, широким использованием гербицидов, внесением повышенных доз органических и минеральных удобрений, насыщением севооборотов картофелем, привели к значительному повышению вредоносности данного заболевания.

Устойчивость сортов к ризоктониозу способна сохранить и приумножить урожай картофеля, улучшить качество продукции. Потери урожая в настоящее время при благоприятных условиях для развития *R. solani* достигают 49 %. Снижается качество семенного материала. Агротехнические методы обеспечивают довольно эффективную защиту картофеля от ризоктониоза в случае депрессивного или умеренного его проявления на клубнях. Однако при эпифитотийном развитии заболевания эти приемы не могут в полной мере способствовать выращиванию здорового и высококачественного семенного материала картофеля [2, 3]. Некоторые авторы указывают на эффективность химических обработок [4], однако выведение и внедрение в производство устойчивых к ризоктониозу сортов картофеля является одним из наиболее эффективных и экологически безопасных методов их защиты от болезни [1]. Созданные на основе диких и культурных видов картофеля межвидовые гибриды являются источниками хозяйственно ценных признаков для селекции сортов различного целевого назначения [5, 6].

### РАЗДЕЛ 3. ИММУНИТЕТ И ЗАЩИТА КАРТОФЕЛЯ

Таким образом, исходя из вышесказанного целью наших исследований является оценка селекционного материала картофеля по росткам и клубням на устойчивость к ризоктониозу.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Исследования проводились на опытном поле отдела иммунитета и защиты картофеля РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству». Почва дерново-подзолистая, среднесуглинистая со следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса 2,8 %; кислотность почвы рН в КС1 – 5,4; обеспеченность макроэлементами  $P_2O_5$  – 281 мг/кг,  $K_2O$  – 223 мг/кг.

Метеорологические показатели, по данным гидрометеостанции РУП «Институт плодородства» (аг. Самохваловичи, Минский район), за 2018–2019 гг. представлены в таблице 1.

Одна часть испытуемых гибридов инфицировалась чистой культурой *R. solani*, выращенной на подкисленном картофельно-глюкозном агаре, а другая часть высаживалась без инфекции (контроль). При инфицировании на каждый клубень помещали 1/16 часть колоний гриба, выращенного на картофельно-глюкозном агаре в чашках Петри. Оценка селекционного материала картофеля на устойчивость к ризоктониозу проводили в полевых условиях на искусственном инфекционном фоне согласно методическим указаниям [7].

Оценку устойчивости гибридов картофеля к ризоктониозу по росткам проводили в фазу полных всходов по шкале, представленной в таблице 2.

При уборке картофеля учитывали урожайность образцов в контроле и с инфекцией, а также заселенность клубней склероциями. Устойчивость клубней картофеля к ризоктониозу оценивали по шкале, представленной в таблице 3.

По методике подсчитывался средний балл поражения и определялась устойчивость гибридов по росткам и клубням.

Таблица 1 – Метеорологические показатели

Месяц	2018 г.		2019 г.	
	средняя температура, °С	осадки, мм	средняя температура, °С	осадки, мм
Май	16,9	27,0	13,8	21,7
Июнь	17,2	50,1	20,7	18,8
Июль	19,2	152,2	16,6	25,3
Август	19,4	47,6	17,7	33,8

Таблица 2 – Шкала оценки устойчивости ростков к ризоктониозу

Балл	Описание поражений
9	Симптомы поражения отсутствуют
8	Пятна одиночные, малые, светло-коричневые
7	Пятна более глубокие, но не охватывающие всей окружности ростка и достигающие не более ¼ его длины
5	Язвы глубокие, охватывающие всю окружность и до ½ длины ростка
3	Язвы очень глубокие и длинные, охватывающие всю окружность ростка и более ¾ его длины
1	Гибель верхней части или всего ростка

РАЗДЕЛ 3. ИММУНИТЕТ И ЗАЩИТА КАРТОФЕЛЯ

Таблица 3 – Шкала оценки устойчивости клубней к ризоктониозу

Балл	Описание поражений
9	Склероции на поверхности клубня отсутствуют
7	Заселено склероциями от 1 до 25 % поверхности клубня
5	Заселено склероциями от 26 до 50 % поверхности клубня
3	Заселено склероциями от 51 до 75 % поверхности клубня
1	Заселено склероциями более 75 % поверхности клубня

В 2018 г. проводились исследования 41 гибрида конкурсного сортоиспытания в сравнении с 5-ю сортами-стандартами; в 2019 г. – 37 гибридов конкурсного сортоиспытания в сравнении с 5-ю сортами-стандартами. Опыт закладывали в трех повторностях с рендомизированным расположением делянок.

Определение поражения картофеля ризоктониозом по росткам проводили 5 июля 2018 г. и 4 июля 2019 г. Для этого с каждой делянки брали по 5 кустов растений и на каждом пораженном стебле подсчитывали количество поражений. Затем определяли средний балл устойчивости для всего сорта и согласно градации баллов определяли устойчивость гибридов картофеля к ризоктониозу.

Определение поражения картофеля ризоктониозом по клубням проводили в период уборки в 2018–2019 гг. Сначала подсчитывался средний балл устойчивости, а затем по 9-балльной шкале определяли устойчивость гибридов картофеля к поражению ризоктониозом. Схема размещения опытов представлена в таблице 4.

Таблица 4 – Схема размещения опытов: Оценка гибридов картофеля на устойчивость к ризоктониозу

2018 г.				
092924-52*	К	3287-12	К	13-11-5
К	3399-15	К	35-09-15	К
072899-10	К	3397-18	К	77-10-15
К	3463-9	К	41-11-5	К
092949-9	К	3375-3	К	69-13-35
К	3345-20	К	77-10-2	К
092941-6	К	3295-20	К	6-12-10
К	Манифест*	К	Рагнеда*	К
092929-1	К	Скарб*	К	72-13-5
К	123036-17	К	Вектар*	К
123036-9	К	8984-89	К	57-13-36
К	113011-1	К	9004-8	К
123088-9	К	9009-6	К	–
К	123056-6	К	8847-2	–
123119-4	К	8845-3	К	–
К	123062-3	К	8975-7	–
123099-18	К	8984-71	К	–
К	Лилея*	К	8871-8	–
123096-4	К	8865-26	К	–
К	102995-4	К	8875-11	–
2019 г.				
123098-13*	К	3375-3	К	8/9065-11
К	3518-43	К	39/8875-11	К
123124-3	К	3474-1	К	13/9055-8
К	3397-18	К	2319053-2	К
123081-3	К	Скарб*	К	–

По факту у этой табл. нет шапки?

**РАЗДЕЛ 3. ИММУНИТЕТ И ЗАЩИТА КАРТОФЕЛЯ**

Окончание таблицы 4

К	3463-9	К	27/9065-6	–
Манифест*	К	69-13-35	К	–
К	3409-1	К	1/9073-5	–
Лилея*	К	32-14-40	К	–
К	3469-3	К	32/9009-6	–
123056-6	К	44-14-15	К	–
К	3482-1	К	2/9055-29	–
123099-18	К	13-11-5	К	–
К	3346-18	К	40/8975-7	–
123036-17	К	57-13-26	К	–
К	3345-20	К	Вектар*	–
123119-4	К	Рагнеда*	К	–
К	3287-12	К	7-14-11	–
123036-9	К	6-12-10	К	–
К	123098-27	К	5/9065-16	–

Примечание. К – контроль без инфекции.

\*Все номера гибридов и стандарты с инфекцией.

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Результаты исследований искусственно зараженных гибридов и стандартов в 2018–2019 гг. показали, что очень высокой и высокой степенью устойчивости к ризоктониозу как по росткам, так и по клубням на протяжении двух лет не обладал ни один гибрид (табл. 5). Больше всего образцов конкурсного испытания картофеля в 2018–2019 гг. было отмечено: по росткам – со средней степенью устойчивости 90,2 и 81,1%; по клубням – с относительно высокой степенью устойчивости. Хотя их количество было примерно одинаковым – 61 и 62 % соответственно. Результаты со средней степенью устойчивости к болезни по клубням показали, что в эти годы их разница также была несущественной – в пределах 1 %. Гибридов с низкой и очень низкой степенью устойчивости на протяжении двух лет не обнаружено как по росткам, так и по клубням.

Наивысший средний балл исследуемых гибридов картофеля в 2018–2019 гг. с относительно высокой и средней степенью устойчивости к болезни приведен в таблице 6.

Таким образом, с относительно высокой степенью устойчивости к ризоктониозу в 2018 г. были гибриды 72-13-5, 3295-20, 8845-3, 123062-3; в 2019 г. – 9055-29, 9065-6, 9065-11, 9073-5. Средний балл стандартов не сильно отличался между собой по росткам и клубням в 2018–2019 гг. (табл. 7). Однако средний балл гибридов с относительно высокой степенью устойчивости в 2018–2019 гг. был выше стандартов как по росткам, так и по клубням.

Таблица 5 – Результаты оценки устойчивости гибридов конкурсного испытания к ризоктониозу по росткам и клубням

Степень устойчивости	Ростки				Клубни			
	2018 г.		2019 г.		2018 г.		2019 г.	
	шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%
Очень высокая	–	–	–	–	–	–	–	–
Высокая	–	–	–	–	–	–	–	–
Относительно высокая	4	9,8	7	18,9	25	61,0	23	62,2
Средняя	37	90,2	30	81,1	16	39,0	14	37,8
Низкая	–	–	–	–	–	–	–	–
Очень низкая	–	–	–	–	–	–	–	–
Всего	41	100,0	37	100,0	41	100,0	37	100,0

**РАЗДЕЛ 3. ИММУНИТЕТ И ЗАЩИТА КАРТОФЕЛЯ**

Таблица 6 – Гибриды с максимальным средним баллом

Степень устойчивости	Ростки	Клубни
2018 г.		
Относительно высокая	3287-12 (7,4), 13-11-5 (7,2), 3375-3 (7,1), 3399-15 (7,0)	72-13-5 (8,4), 3295-20 (8,0), 8845-3 (8,0), 123062-3 (7,8)
Средняя	69-13-35 (6,9), 8871-8 (6,9), 3463-9 (6,9), 113011-1 (6,8)	69-13-35 (6,9), 123056-6 (6,9), 113011-1 (6,8), 35-09-15 (6,8)
2019 г.		
Относительно высокая	123124-3 (7,6), 123056-6 (7,5), 5/9065-16 (7,4), 123098-13 (7,1)	9055-29 (8,6), 9065-6 (8,6), 9065-11 (8,4), 9073-5 (8,0)
Средняя	123036-9 (6,9), 3375-3 (6,9), 13/9055-8 (6,9), 123119-4 (6,8)	123124-3 (6,9), 123056-6 (6,9), 7-14-11 (6,9), 123081-3 (6,8)

Примечание. В скобках представлен средний балл.

Таблица 7 – Средний балл исследуемых стандартов

Сорт-стандарт	Средний балл по росткам/клубням
2018 г.	
Лилея	6,9/6,9
Скарб	7,3/7,5
Рагнеда	6,3/6,9
Вектар	5,8/6,8
Манифест	6,0/7,3
2019 г.	
Лилея	6,9/7,7
Скарб	6,2/7,8
Рагнеда	6,4/7,2
Вектар	6,3/7,5
Манифест	6,5/6,6

Исходя из результатов исследований были выделены гибриды картофеля с относительно высокой устойчивостью к ризоктониозу: в 2018 г. – 72-13-5, 3295-20, 8845-3, 123062-3; в 2019 г. – 9055-29, 9065-6, 9065-11, 9073-5.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Очень высокой степенью устойчивости к ризоктониозу как по росткам, так и по клубням на протяжении двух лет не обладал ни один гибрид.

Оценка устойчивости к болезни гибридов конкурсного испытания в 2018–2019 гг. по росткам показала, что основное их количество было со средней степенью устойчивости – 90,2–81,1 %. Намного меньше (9,8–18,9 %) было с относительно высокой степенью. По клубням основное количество гибридов было, напротив, с относительно высокой степенью устойчивости – 61,0–62,2 %, со средней степенью – на 22–25 % меньше (39,0–37,8 %) соответственно. Хотя по годам исследований количество с относительно высокой и средней степенью устойчивости было примерно одинаковым с разницей в 1,2 %. Кроме того, в результате исследований были выделены гибриды с максимальным средним баллом.

Гибриды с относительно высокой степенью устойчивости к ризоктониозу, выделенные в 2018 г. – 72-13-5, 3295-20, 8845-3, 123062-3 и 2019 г. – 9055-29, 9065-6, 9065-11, 9073-5, были рекомендованы для дальнейшей селекционной работы.

## Список литературы

1. Иванюк, В. Г. Защита картофеля от болезней, вредителей и сорняков / В. Г. Иванюк, С. А. Банадысев, Г. К. Журомский. – Минск : Белпринт, 2003. – 525 с.
2. Биопрепарат Бактосол в защите картофеля от болезней во время вегетации / И. И. Бусько [и др.] // Картофелеводство : сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству ; редкол.: С. А. Турко (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2013. – Т. 21. – С. 220–226.
3. Эффективность препарата Селест-топ, КС в защите картофеля от ризоктониоза / И. И. Бусько [и др.] // Картофелеводство : сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству ; редкол.: С. А. Турко (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2013. – Т. 21. – С. 228–232.
4. Экологические основы защиты картофеля от комплекса болезней грибной и бактериальной этиологии / Э. И. Коломиец [и др.] // Картофелеводство : сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству ; редкол.: С. А. Турко (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2018. – Т. 26. – С. 125–128.
5. Фитопатологическая ситуация на картофеле в Беларуси и пути ее улучшения / В. Г. Иванюк [и др.] // Картофелеводство : сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству ; редкол.: С. А. Турко (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2000. – Т. 10. – С. 163–170.
6. Козлов, В. А. Выделение источников устойчивости к болезням и других хозяйственно ценных признаков среди межвидовых гибридов картофеля / В. А. Козлов, И. А. Шутинская, В. С. Абакшонок // Картофелеводство : сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству ; редкол.: С. А. Турко (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2011. – Т. 19. – С. 108–115.
7. Методические указания по оценке селекционного материала картофеля на устойчивость к фитофторозу, ризоктониозу, бактериальным болезням и механическим повреждениям / НИИКХ. – М., 1980. – 52 с.

Поступила в редакцию 07.12.2020 г.

V. N. NAZAROV, I. I. BUSKO, I. V. LEVANTSEVICH,  
L. A. MANTSEVICH, M. M. TIMONOVA

**POTATOES SELECTION MATERIAL ASSESSMENT BY SPROUTS  
AND TUBERS FOR RESISTANCE TO *RHIZOCTONIA SOLANI KUHN.***

**SUMMARY**

*The two-year data on resistance of competitive variety trials of potatoes hybrids to *Rhizoctonia solani Kuhn.* are presented in the article. The estimation of potatoes breeding material for sprouts and tubers for resistance to *Rhizoctonia solani Kuhn.* is given and some hybrids are recommended for breeding process.*

*Key words:* potatoes, *Rhizoctonia solani Kuhn.*, resistance, breeding.

[добавить?](#)

[Как правильно \*Kuhn.\* : с . или без?](#)



УДК 615.373:578.262.7:578.864.1

<https://doi.org/10.47612/0134-9740-2020-28-97-106>

**Н. С. Сердюкова, Е. В. Радкович, И. А. Родькина,  
Г. Н. Гуша, Ю. А. Халимоненко**

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук  
Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»,  
аг. Самохваловичи, Минский район  
E-mail: natallikoners@tut.by; l-radkovich@tut

## **ПРИМЕНЕНИЕ АДЬЮВАНТОВ ФРЕЙНДА И ISA-70 В СХЕМЕ ИММУНИЗАЦИИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОАКТИВНОЙ АНТИСЫВОРОТКИ К ХВК**

### **РЕЗЮМЕ**

*В статье приведены результаты исследований по выявлению эффективной схемы иммунизации лабораторных животных для получения высокоактивной антисыворотки к ХВК.*

*Ключевые слова:* картофель, вирус, антиген, схема, иммунизация, кролики, адьювант, доза, антисыворотка, иммуноферментный анализ, титр, РВХ.

### **ВВЕДЕНИЕ**

В странах Европейского союза создана и функционирует единая система оценки качества семенного картофеля, включающая в себя диагностику различных болезней, в том числе скрытой вирусной и бактериальной инфекции. Соответствующими национальными карантинными службами отслеживаются все перемещения семенного материала, поступающего извне.

Отсутствие систематической диагностики семенного картофеля приводит к высокому уровню зараженности фитопатогенами. Совершенствование средств обнаружения и идентификации возбудителей болезней картофеля является ключевым звеном в комплексе мероприятий, направленных на получение здорового семенного материала [1]. В связи с этим первостепенное значение приобретают вопросы качества производимого материала и строгое соответствие реализуемых семенных партий требованиям Государственного стандарта Республики Беларусь [2].

Как известно, вирусные болезни передаются вместе с насекомыми, в первую очередь тлями, и при механическом контакте с инфицированными растениями. Однако самым главным источником вирусов был и остается зараженный семенной материал [3]. Производство и сертификация семенного картофеля требуют полного отсутствия вирусов в исходном материале и, по возможности, поддержания безвирусного статуса растений при их размножении. Соблюдение этих правил и их эффективность во многом зависят от ранней диагностики вирусных болезней картофеля, позволяющей своевременно провести мероприятия по отбору здорового материала.

Проявление симптомов вироза картофеля может быть изменчивым в зависимости от штаммового состава вируса, влияния генотипа растения-хозяина (сорта) и условий возделывания [5]. Х-вирус картофеля, относящийся к мозаичным вирусам, может наносить различный вред растениям картофеля, который проявляется, например, очень мягким хлорозом и деформацией листьев на одном сорте или сильной крапчатостью

листьев, складчатостью, закручиванием и угнетением роста на другом сорте. Также развитие вирусной инфекции может протекать бессимптомно. В этом случае идентифицировать вирус можно только лабораторными методами [6].

В связи с этим имеется объективная необходимость введения лабораторных методов, позволяющих выявлять вирусные патогены в семенном материале, особенно в скрытой форме [7]. Одним из основных и массовых методов диагностики вирусных заболеваний картофеля, в том числе и X-вируса, является метод иммуноферментного анализа (ИФА). Метод ИФА получил широкое распространение в диагностической практике благодаря редкому сочетанию простоты и удобства, высокой чувствительности и специфичности, которая в настоящее время составляет более 90 % [8].

Применение диагностики методом ИФА с использованием реагентов собственного производства предусматривает использование изолятов, циркулирующих в определенной местности, что позволяет значительно повысить качество и чувствительность производимых реагентов для достоверного выявления наличия вирусной инфекции [9]. Однако, кроме штаммового состава при создании тест-систем, необходимо учитывать и условия получения высокоактивной антисыворотки, а именно схему иммунизации лабораторных животных [10].

Главное требование для получения антисывороток с достаточно высоким титром специфических антител за короткий промежуток времени при минимальном расходовании необходимых материалов – это подбор эффективной схемы иммунизации. Схема иммунизации, предлагаемая для производства высокоактивной антисыворотки, должна соответствовать определенным требованиям. При ее разработке необходимо учитывать дозу антигена, количество инъекций и адъювант.

В настоящий момент имеется большой выбор коммерческих готовых адъювантных продуктов, предназначенных для разных видов животных, направленных на инициацию различных типов иммунного ответа, сочетающих в себе различные уровни показателей эффективности и безопасности [11]. Одним из наиболее распространенных является адъювант Фрейнда. Однако при длительном и детальном изучении применения данного комплекса выяснилось, что он небезопасен, то есть может вызывать побочные эффекты, которые приводят к появлению местных воспалительных реакций, что ведет к снижению выработки антител в крови лабораторных животных [12].

Широкое распространение приобрели масляные адъюванты, состоящие непосредственно из масла (минеральное, неминеральное либо их сочетание) и эмульгатора. Одним из таких адъювантов является монтанид ISA-70. Он подходит для применения в иммунных препаратах для различных видов животных, адаптирован к различным типам антигенов и типам иммунного ответа. Этот адъювант способствует выработке длительного иммунитета, образует стабильную эмульсию, имеющую низкую вязкость. Он хорошо переносится животными и благодаря своей структуре может вызывать как кратковременный, так и длительный иммунитет одновременно. К тому же адъювант монтанид ISA-70 примерно в 20 раз дешевле адъюванта Фрейнда [13]. Кроме того, при использовании монтанида ISA-70 требуется намного меньше антигена и самого адъюванта для индукции адекватного иммунного ответа в организме хозяина. Повышение эффективности иммунизации при снижении количества используемого антигена делает иммунную технологию высокоперспективной.

На сегодняшний день не существует универсального единого способа иммунизации животных, который бы гарантировал получение продукта, идеально удовлетворяющего всем требованиям, но существуют определенные принципы, которые могут быть приняты за «основные правила». Высококачественные антисыворотки получают

### РАЗДЕЛ 3. ИММУНИТЕТ И ЗАЩИТА КАРТОФЕЛЯ

в определенной степени методом проб и ошибок, поскольку каждый иммуноген обладает разной антигенной активностью и процесс образования антител у каждого животного имеет свои особенности. Необходимое свойство антисыворотки – это высокий титр. На высокий титр влияют адъюванты, которые оказывают стимулирующее действие на организм животного для активной выработки антител [12, 13].

Наши исследования были направлены на выявление эффективной схемы иммунизации лабораторных животных для получения высокоактивной антисыворотки к ХВК. Данный опыт позволит применять разработанные технологические приемы с целью получения реагентов собственного производства.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Исследования по выявлению эффективной схемы иммунизации лабораторных животных для получения высокоактивной антисыворотки к ХВК проводили в лаборатории иммунодиагностики картофеля РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству» в 2019–2020 гг.

В качестве опытного материала использовали антисыворотку, полученную по 8 схемам с применением двух изучаемых адъювантов: Фрейнда (полный, неполный) и монтанид ISA-70 в сочетании с разными дозами антигена – 50 и 100 мкг.

В процессе выполнения исследований нами были разработаны 8 схем иммунизации лабораторных животных. Данные схемы различались применяемыми адъювантами и дозами вводимого антигена (табл. 1). В первых 4-х схемах проводили по 3 инъекции антигена, смешанного с адъювантом, с интервалом в 7 суток. В схемах № 5, № 6, № 7 и № 8 проводили по четыре инъекции антигена, смешанного с адъювантом: вторая инъекция проводилась через 7 дней после первой, третья инъекция – на 21-е сутки после первой и четвертая инъекция – на 42-е сутки от начала иммунизации.

В качестве лабораторных животных использовали кроликов весом 2,5–3,5 кг в возрасте 6–7 месяцев калифорнийской породы (самцы). Иммунизировали животных путем подкожных инъекций вдоль позвоночного столба, приблизительно в 5–6 точек. Для выполнения иммунизации готовили эмульсию антигена, для чего в 1 мл изотонического раствора NaCl (0,9 %) суспендировали антиген в количестве 50 или 100 мкг с необходимым

Таблица 1 – Схемы иммунизации лабораторных животных антигеном ХВК

№ схемы	Количество инъекций	Применяемый адъювант	Доза антигена на 1 инъекцию, мкг	Количество заборов крови	Забор крови, сутки
1	3	ПАФ* НАФ**	100	4	На 21, 28, 35 и 42-е сутки от начала иммунизации
2	3	Монтанид ISA-70	100	4	
3	3	ПАФ НАФ	50	4	
4	3	Монтанид ISA-70	50	4	
5	4	ПАФ НАФ	100	3	На 49, 56 и 63-е сутки от начала иммунизации
6	4	Монтанид ISA-70	100	3	
7	4	ПАФ НАФ	50	3	
8	4	Монтанид ISA-70	50	3	

\* ПАФ – полный адъювант Фрейнда.

\*\* НАФ – неполный адъювант Фрейнда.

### РАЗДЕЛ 3. ИММУНИТЕТ И ЗАЩИТА КАРТОФЕЛЯ

адьювантом согласно разработанным схемам. Для получения стабильной эмульсии смесь многократно набирали в шприц и с силой выпускали через тонкую иглу. Если капли эмульсии при попадании в воду не распадались в течение получаса и более, это свидетельствовало о высоком качестве приготовленной эмульсии антигена [14].

Следующим этапом наших исследований являлся забор крови у лабораторных животных и получение антисыворотки к ХВК. Забор крови производили в разных объемах в зависимости от физического состояния животного путем надреза краевой ушной вены. Кровь собирали в специальные стеклянные конусообразные пробирки объемом 10 мл, предварительно смоченные теплым физиологическим раствором, для лучшего отделения кровяного сгустка. Собранную кровь помещали в термостат при 37 °С на 2–4 часа для формирования фибринового сгустка, затем проводили центрифугирование при 1 500 об/мин в течение 15–20 минут для отделения сыворотки крови от кровяного сгустка, содержащей иммуноглобулиновую фракцию [15].

#### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

При выполнении исследований произведен забор крови по схемам № 1 и № 3, в результате было получено 200,0 и 117,0 мл цельной крови, из которой выделено 102,03 и 42,26 мл антисыворотки к ХВК соответственно (табл. 2). Общий объем полученной цельной крови по схемам № 5 и № 7 составил 452,0 мл (182,0 и 270,0 мл соответственно), из которой была получена антисыворотка в следующих объемах: 69,11 и 113,01 мл.

При заборе крови у животных, проиммунизированных по схемам № 2 и № 4, было получено 200,0 и 112,0 мл цельной крови, после отделения фибринового сгустка количество антисыворотки к ХВК составило 89,86 и 32,10 мл соответственно (табл. 3). Объем полученной цельной крови по схемам № 6 и № 8 составил 159,0 и 270,0 мл, из которой было получено 59,01 мл антисыворотки по схеме № 6 и 111,59 мл по схеме № 8.

Показателем качества получаемой антисыворотки является ее высокая активность. Для проверки активности полученной антисыворотки необходимо определить ее титр, Таблица 2 – Объем цельной крови и выделенной антисыворотки к ХВК, полученных в результате применения схем иммунизации № 1, № 3, № 5, № 7

№ схемы	Забор крови, сутки	Цельная кровь, мл	Антисыворотка, мл
1	21-е	50,00	23,00
	28-е	50,00	25,25
	35-е	50,00	26,20
	42-е	50,00	27,58
<b>Всего</b>		<b>200,00</b>	<b>102,03</b>
3	21-е	40,00	12,57
	28-е	40,00	16,70
	35-е	18,00	4,72
	42-е	19,00	8,27
<b>Всего</b>		<b>117,00</b>	<b>42,26</b>
5	49-е	67,00	24,46
	56-е	59,00	22,30
	63-е	56,00	22,35
<b>Всего</b>		<b>182,00</b>	<b>69,11</b>
7	49-е	90,00	35,20
	56-е	90,00	39,88
	63-е	90,00	37,93
<b>Всего</b>		<b>270,00</b>	<b>113,01</b>
<b>Общий объем, мл</b>		<b>769,00</b>	<b>326,41</b>

**РАЗДЕЛ 3. ИММУНИТЕТ И ЗАЩИТА КАРТОФЕЛЯ**

Таблица 3 – Объем цельной крови и выделенной антисыворотки к ХВК, полученных в результате применения схем иммунизации № 2, № 4, № 6, № 8

№ схемы	Забор крови, сутки	Цельная кровь, мл	Антисыворотка, мл
2	21-е	50,00	14,83
	28-е	50,00	24,69
	35-е	50,00	24,47
	42-е	50,00	25,87
<b>Всего</b>		<b>200,00</b>	<b>89,86</b>
4	21-е	40,00	7,79
	28-е	40,00	12,90
	35-е	15,00	5,15
	42-е	17,00	6,26
<b>Всего</b>		<b>112,00</b>	<b>32,10</b>
6	49-е	60,00	22,05
	56-е	50,00	18,20
	63-е	49,00	18,76
<b>Всего</b>		<b>159,00</b>	<b>59,01</b>
8	49-е	90,00	33,80
	56-е	90,00	35,85
	63-е	90,00	41,94
<b>Всего</b>		<b>270,00</b>	<b>111,59</b>
<b>Общий объем, мл</b>		<b>741,00</b>	<b>292,56</b>

следовательно, чем выше титр антисыворотки, тем выше ее активность. Титр полученной антисыворотки определяли по стандартной методике непрямого варианта ИФА, используя козий антикроличий конъюгат. Антисыворотку разводили в иммунологических планшетах пробно-конъюгатным буфером в геометрической прогрессии: 2, 4, 8, 16 тыс. раз и т. д. В качестве контроля использовали сыворотку, полученную из крови неиммунизированного животного.

Применение схемы № 1, в которой в качестве адъюванта использовали адъювант Фрейнда (полный и неполный) с дозой иммуногена 100 мкг, позволило получить антисыворотку с титром на 21-е сутки от начала иммунизации – 64 000, на 28-е сутки титр увеличился в два раза и составил 128 000 (рис. 1).

Схема № 3 отличалась от схемы № 1 дозой вводимого иммуногена, которая была меньше в два раза и составила 50 мкг на одну инъекцию. Результаты титрования антисыворотки были следующими: на 21-е сутки от начала иммунизации титр был такой же, как и при применении схемы № 1 – 64 000, однако начиная с 28-х суток титр резко увеличился и составил 512 000, что в 8 раз выше, чем при титровании антисыворотки, полученной по схеме № 1. На 35-е сутки титр не изменился, а на 42-е сутки отмечено увеличение титра в два раза – до 1 024 000.

Сравнение титра полученных антисывороток по схемам № 5 и № 7 с применением адъюванта Фрейнда показало, что при дозе вводимого антигена 100 мкг на инъекцию титр составлял 1 024 000 уже на 49-е сутки, при этом титр не снижался даже на 63-е сутки от начала иммунизации. Снижение дозы антигена в два раза до 50 мкг согласно схеме № 7 позволило получить антисыворотку с титром 2 048 000 на 49, 56 и 63-е сутки.

Схемы № 5 и № 7 отличались от схем № 1 и № 3 количеством инъекций, которые увеличились с 3-х до 4-х за цикл иммунизации. Следующим отличием схем № 5 и № 7 являлось уменьшение заборов крови с четырех до трех раз, которые проводились на 49, 56 и 63-е сутки от начала иммунизации.

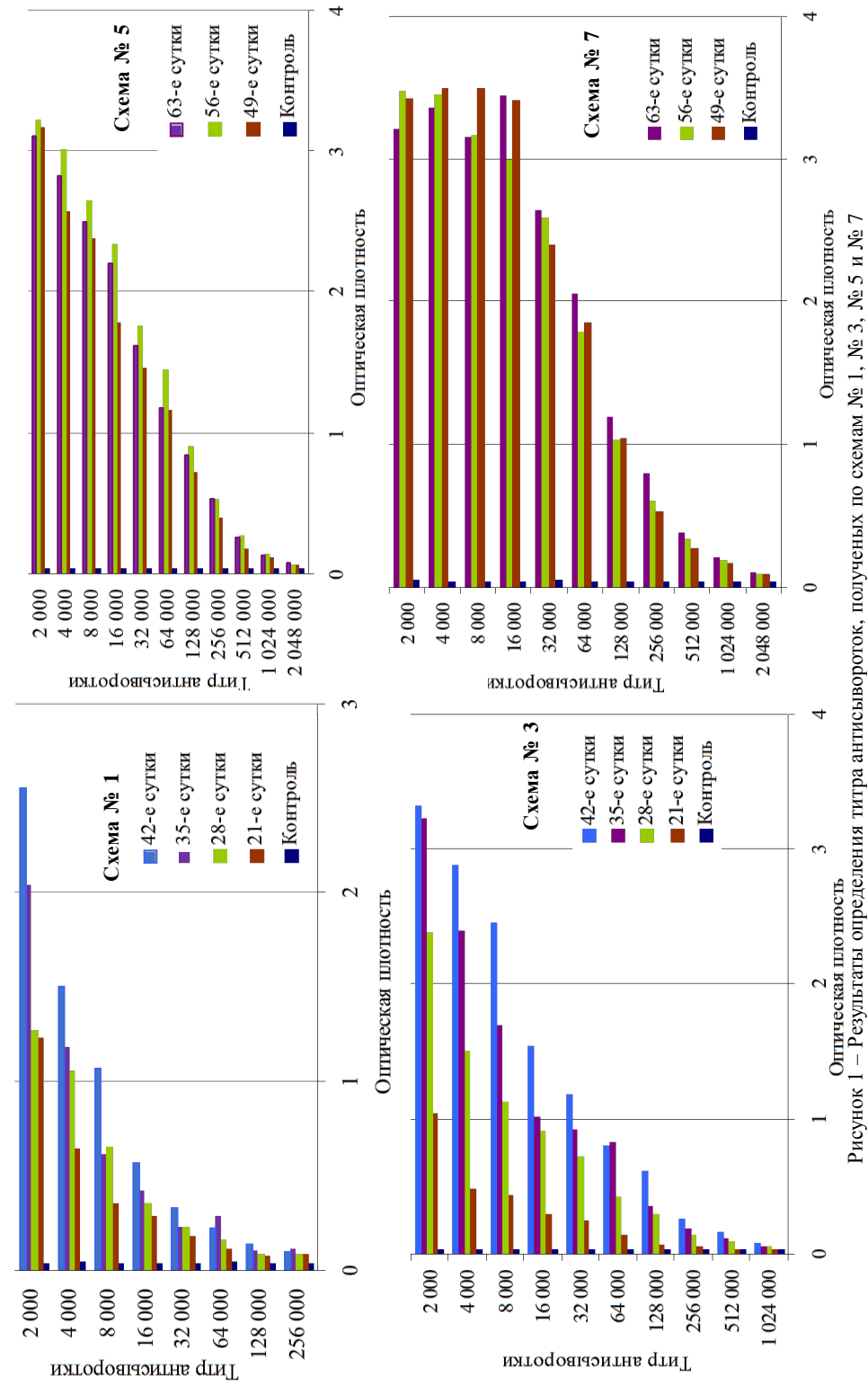


Рисунок 1 – Результаты определения титра антисывороток, полученных по схемам № 1, № 3, № 5 и № 7

Сравнительный анализ 4-х разных схем иммунизации показал, что при применении схемы № 7, в которой использовался адъювант Фрейнда (полный и неполный), доза иммуногена составляла 50 мкг, что позволяет получить высокоактивную антисыворотку к ХВК на 49-е сутки, на что указывает титр полученной антисыворотки – 2 048 000. Такой же высокий титр отмечен для антисыворотки, полученной при заборе крови лабораторных животных на 56-е и 63-е сутки, при этом значения оптической плотности были следующими: 0,098, 0,100 и 0,105 оптических единиц, значение отрицательного контроля составило 0,040 оптических единиц.

В схемах № 2, № 4, № 6 и № 8, где в качестве адъюванта использовали монтанид ISA-70, количество антигена было таким же, как и в первых четырех схемах. Титр антисыворотки, полученной по схеме № 2 (доза иммуногена – 100 мкг), на 21-е и 28-е сутки составил 1 024 000, однако было отмечено резкое снижение активности антисыворотки до 256 000 на 35-е и 42-е сутки (рис. 2).

В отличие от схемы № 2, количество вводимого антигена согласно схеме № 4 было уменьшено до 50 мкг на одну инъекцию. Титр антисыворотки при заборе крови на 21-е и 28-е сутки составлял 256 000, что в четыре раза ниже, чем титр антисыворотки, полученной по схеме № 2. Следующий забор крови проводили на 35-е сутки, и титр полученной антисыворотки увеличился до 1 024 000. Отмечено резкое снижение титра до 256 000 при заборе крови на 42-е сутки.

Схемы № 6 и № 8 отличались от схем № 2 и № 4 количеством инъекций, которые увеличились с 3-х до 4-х за цикл иммунизации. Следующим отличием схем № 6 и № 8 являлось уменьшение заборов крови с четырех до трех раз, который проводился на 49, 56 и 63-е сутки от начала иммунизации.

Титр антисыворотки, полученной с использованием схемы № 6 (доза иммуногена 100 мкг), на 49-е сутки от начала иммунизации составил 1 024 000. Увеличение титра до 2 048 000 было отмечено на 56-е и 63-е сутки забора крови от начала иммунизации.

При снижении дозы иммуногена до 50 мкг на одну инъекцию (схема № 8) титр антисыворотки при заборе крови уже на 49-е сутки составлял 2 048 000, что в два раза выше, чем в схеме № 6. Следует отметить, что в данной схеме на 56-е и 63-е сутки титр антисыворотки к ХВК составлял 4 096 000.

При сравнении результатов титрования полученной антисыворотки с применением схем, в которых в качестве адъюванта был использован монтанид ISA-70, следует отметить, что для получения высокоактивной антисыворотки к ХВК можно использовать все четыре схемы. Но с учетом расхода антигена в сторону его уменьшения предпочтительно следует отдавать схемам, где количество иммуногена составляет 50 мкг на одну инъекцию, то есть схемам № 6 и № 8. Исходя из полученных данных можно сделать вывод о том, что самой эффективной схемой иммунизации лабораторных животных для получения высокоактивной антисыворотки является схема № 8.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований установлено, что использование в качестве адъюванта монтанида ISA-70 способствует выработке антител в высокой концентрации в крови лабораторного животного. Однако при разработке схемы иммунизации необходимо учитывать и дозу вводимого иммуногена. Иммунизация должна сводиться к использованию минимального количества дорогостоящего антигена с наиболее иммуностимулирующим адъювантом как по экономическим, так и по практическим причинам. Возможность ускоренного процесса получения высокоактивных антисывороток способствует уменьшению затрат времени и средств и тем самым делает

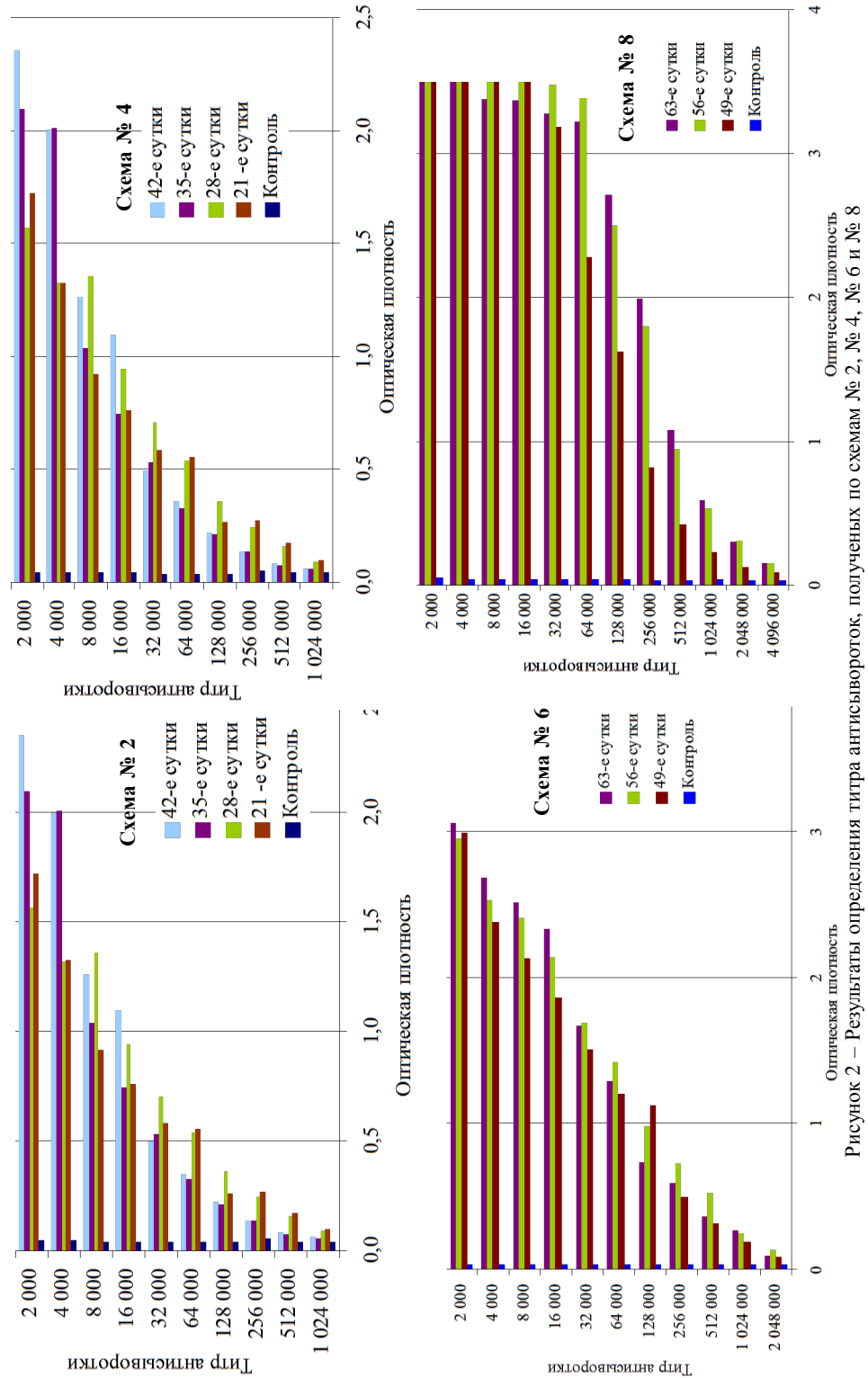


Рисунок 2 – Результаты определения титра антицивиоротки, полученных по схемам № 2, № 4, № 6 и № 8



иммунную технологию высокоперспективной. Следует отдавать предпочтение тем схемам, в которых при минимальном количестве используемого антигена можно получать высокоактивную антисыворотку к ХВК. В наших исследованиях этим требованиям отвечает схемы № 6 и № 8. Титр антисывороток, полученных по этим схемам, составлял 2 048 000 и 4 096 000 соответственно.

Сравнительный анализ схем иммунизации, в которых в качестве адьюванта применялся адьювант Фрейнда (полный, неполный), показал, что использование схемы № 7, в которой доза иммуногена составляла 50 мкг, позволяет получить высокоактивную антисыворотку к ХВК с титром 2 048 000.

Учитывая вышеизложенное, из всех разработанных нами схем целесообразно использовать для иммунизации лабораторных животных схему № 8 с применением в качестве адьюванта монтанид ISA-70 с дозой иммуногена 50 мкг.

### Список литературы

1. Гнутова, Р. В. Вирусные и виroidные болезни картофеля на Дальнем Востоке и методы их диагностики в семеноводстве / Р. В. Гнутова, К. А. Можаяева // Защита растений: Изв. ТСХА. – 2010. – Вып. 2. – С. 35–43.
2. Картофель семенной. Технические условия: СТБ 1224-2000. – Введ. 01.09.2000 – Минск: Беларус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2014. – 20 с.
3. Сорока, С. В. Вирусы и вирусные болезни сельскохозяйственных культур / С. В. Сорока, Ж. В. Блоцкая, В. В. Вабищевич; науч. ред. Р. В. Гнутова. – Несвиж: Несвиж. укруп. тип., 2009. – 28 с.
4. Положение о семеноводстве картофеля в Республике Беларусь / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству; сост.: С. А. Турко, И. И. Колядко, В. И. Дударевич. – Самохваловичи, 2012. – 22 с.
5. Иванюк, В. Г. Защита картофеля от болезней, вредителей и сорняков / В. Г. Иванюк, С. А. Банадыев, Г. К. Журомский. – Минск: Бел.НИИ картофелеводства, 2003. – 550 с.
6. Гнутова, Р. В. Таксономия вирусов растений Дальнего Востока России / Р. В. Гнутова. – Владивосток: Дальнаука, 2009. – 467 с.
7. Радкович, Е. В. Анализ структуры вирусной инфекции при комплексном тестировании полевых сортообразцов картофеля методом ИФА в послуборочный период / Е. В. Радкович, Г. Н. Гуца, Ю. В. Глушакова // Картофелеводство: сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству; редкол.: С. А. Турко (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2017. – Т. 25. – С. 224–233.
8. Теория и практика иммуноферментного анализа / А. М. Егоров [и др.]. – М.: Высш. шк., 1991. – 288 с.
9. Радкович, Е. В. Отбор белорусских изолятов Х- и Y-вируса картофеля / Е. В. Радкович, Г. Н. Гуца // Картофелеводство: сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству; редкол.: С. А. Турко (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2015. – Т. 23. – С. 101–108.
10. Халимоненко, Ю. А. Подбор оптимальной схемы иммунизации лабораторных животных вирусными антигенами для получения высокоактивных специфических антисывороток к PVX и PVY / Ю. А. Халимоненко, Ю. В. Глушакова, Е. В. Радкович // Картофелеводство: сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству; редкол.: С. А. Турко (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2018. – Т. 26. – С. 183–189.
11. Радкович, Е. В. Изучение различных схем иммунизации лабораторных животных для получения специфических антисывороток к вирусам картофеля / Е. В. Радкович,

Г. Н. Гуца, И. В. Филонова // Картофелеводство : сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству ; редкол.: В. Г. Иванюк (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2008. – Т. 14. – С. 409–416.

12. Георгиу, X. Динамика накопления антител у кроликов, иммунизированных антигеном В. EQUI / X. Георгиу // Актуальные проблемы инфекционной патологии и иммунологии животных : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Москва, 16–17 мая 2006 г. / Всерос. науч.-исслед. ин-т РАСХН ; X. Георгиу, Е. Г. Гуляева. – М., 2006. – С. 457–459.

13. Получение гипериммунной специфической антисыворотки к вирусу гриппа птиц H7N1 / А. А. Гуляко [и др.] // Эпизоотология, иммунология, фармакология и санитария : междунар. науч.-практ. журн. – 2011. – № 1. – С. 9–12.

14. Получение и свойства реагентов для иммуноферментного анализа хлорамфеникола в сырье и продукции животного происхождения / И. И. Вашкевич [и др.] // Весці Нац. акад. навук Беларусі. Сер. біял. навук. – 2012. – № 4. – С. 57–65.

15. Методические указания по отбору биологического материала для лабораторных исследований / С. В. Петровский [и др.]. – Витебск : УО ВГАВМ, 2017. – 48 с.

Поступила в редакцию 21.12.2020 г.

N. S. SERDYUKOVA, E. V. RADKOVICH, I. A. RODKINA,  
G. N. GUSCHA, YU. A. HALIMONENKO

#### **USE OF FREUND ADJUVANT AND ISA-70 IN IMMUNIZATION SCHEDULE TO GET HIGHLY ACTIVE ANTISERUM TO PVX**

##### **SUMMARY**

*The research results of effective immunization schedule identification for laboratory animals to obtain a highly active antiserum to PVX are presented in the article.*

*Key words:* potatoes, virus, antigen, schedule, immunization, rabbits, adjuvant, dose, antiserum, enzyme immunoassay, titer, PVX.

УДК 633.71.632.38.083.24

<https://doi.org/10.47612/0134-9740-2020-28-107-113>**Ю. А. Халимоненко, Н. В. Русецкий, Е. В. Радкович,  
Г. Н. Гуша, Н. С. Сердюкова**

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук

Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»,

аг. Самохваловичи, Минский район

E-mail: halimonenkoulia@gmail.com; nicrw@mail.ru; l-radkovich@tut.by

**ВЫДЕЛЕНИЕ ИЗОЛЯТОВ ВИРУСА ПОГРЕМКОВОСТИ  
ТАБАКА С ПРИМЕНЕНИЕМ КОМПЛЕКСНОЙ ДИАГНОСТИКИ****РЕЗЮМЕ**

*В статье приведены экспериментальные данные по поиску изолятов вируса погремковости табака с применением комплексной диагностики исследуемого материала картофеля. В результате проведенной работы выявлено растение-индикатор *N. Debneyi*, несущее изолят вируса погремковости табака.*

*Ключевые слова:* картофель, вирус погремковости табака, пестростебельность, растение-индикатор, ИФА, изолят.

**ВВЕДЕНИЕ**

В современной фитовирусологии известно около 40 возбудителей заболеваний картофеля вирусной этиологии, которые вызывают различные формы поражения, проявляющиеся на всех частях растений, в том числе и клубнях [1]. Недостаточный контроль над развитием отдельных, редко встречаемых вредоносных вирусов может привести к их масштабному распространению и причинению серьезного ущерба картофелеводству. К числу таковых относятся почвенные вирусы, которые инфицируют растения картофеля, распространяясь через почву, посредством живущих в ней нематод и грибов [2]. Из-за широкого распространения и существенного экономического урона, наносимого картофелю, наиболее экономически важным почвенным вирусом является вирус погремковости табака (ВПТ). В зависимости от растения-хозяина (табак, картофель, томаты, перец, свекла и др.) он имеет и другие названия: раттл-вирус табака (*Tobacco rattle virus*, TRV), вирус пестростебельности, курчавой полосатости табака [3, 4].

Болезнь, вызываемая этим патогеном на картофеле, называется пестростебельностью. Характер развития этой болезни определяется штаммами вируса. Группа пестростебельных штаммов характеризуется четкими симптомами поражения надземной части растения. Вирус проявляется на отдельных стеблях в виде свето-зеленых или светло-желтых пятен различной формы на листьях, их крапчатости, мозаичности, мраморности, волнистости и курчавости по краям листьев. Нередко наблюдается некроз жилок и стеблей. При поражении картофеля некротическими штаммами ВПТ симптомы заболевания на листьях и стеблях отсутствуют, но на поверхности и в мякоти клубней образуются кольцевые и дугообразные некрозы, которые располагаются концентрически, то есть одни над другими. При сильной степени поражения клубни деформируются, становятся уродливыми. Особенностью раттл-вируса является то, что вирусные симптомы проявляются не на всех стеблях куста и не на всех клубнях, а появление симптомов на ботве не всегда сопровождается поражением

клубней, и наоборот. Также развитие вирусной инфекции может протекать бессимптомно [5–7].

Впервые ВПТ был обнаружен в Германии в 1931 г. на растениях табака. Вирус назван в честь похожего на трещотку звука, производимого высушенными табачными листьями, при сильном ветре [8]. Согласно последним данным Европейско-средиземноморской организации по защите растений, ВПТ зарегистрирован по всей Европе, в Центральной и Южной Америке, Канаде, Японии, Китае, Австралии, Новой Зеландии, в нескольких странах Африки и практически на всей территории бывшего СССР [9].

В нашей республике вирус погрешности табака был выявлен Ж. В. Блоцкой в 1997 г. на сорте Белорусский 3 в Октябрьском районе Гомельской области [10]. В 2006 г. Н. В. Русецким и др. во время маршрутных обследований посадок картофеля в Полоцком районе Витебской области на клубнях картофеля сорта Невский были выявлены симптомы в виде дуг и кольцевых некрозов клубней, вызываемые этим вирусом [11].

В естественных условиях вирус погрешности табака распространяется свободноживущими в почве паразитическими нематодами из рода *Trichodorus*, *Paratrichodorus* и *Longidorus ssp.*, обитающими на корнях растений, а также механически и ботаническими семенами. Опасность такой инфекции заключается в том, что нематоды сохраняют вирофорность до 5 лет, а сам вирус способен заражать свыше 400 видов однолетних и многолетних сорных растений, являющихся их резервуарами (бодяк розовый, клевер белый, осот полевой и др.) [12, 13].

Вредоносность ВПТ заключается в снижении, иногда сильно выраженном, качества клубней. Определено, что раттл-вирус может снижать продуктивность картофеля до 55 % и более [14, 15].

Диагностика раттл-вируса осуществляется разными методами. Например, методом биологического тестирования с помощью растений-индикаторов, электронной микроскопией, серологическими тестами (ИФА), методом полимеразной цепной реакции (ПЦР). Но по причине очень малой идентичности нуклеотидных последовательностей РНК-2 многочисленных изолятов вируса и больших антигенных различий между ними диагностика вируса погрешности табака становится очень сложной процедурой. Поэтому для достоверного обнаружения вируса необходимо использование комплексной диагностики [16, 17].

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Исследования проводили в лаборатории иммунодиагностики картофеля РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству» в 2020 г.

В качестве материала для исследований были использованы листовые пробы растений картофеля, собранные с посадок картофеля личных подсобных хозяйств Минского, Молодечненского и Любанского районов Минской области.

Поиск изолятов ВПТ осуществляли комплексной диагностикой листовых проб растений картофеля с признаками пестростебельности, применяя метод биологического тестирования в сочетании с методом иммуноферментного анализа.

Для проведения биотеста использовали растения-индикаторы – *N. Tabacum* (с. Самсун) и *N. Debneyi*. Посев и выращивание рассады табаков проводили в условиях стеллажной теплицы. При достижении растениями фазы 2-3 настоящих листьев рассаду индикаторов высаживали в отдельные горшочки с торфом.

Для искусственного заражения растений-индикаторов использовали сок листовых проб от растений картофеля с внешними признаками пестростебельности, а именно

с симптомами мозаики, морщинистости, волнистости листьев по краям, некротических пятен, а также некрозом жилок и стеблей. Всего для проведения опыта было использовано 46 листовых проб растений картофеля.

Инфицировали растения-индикаторы в фазе 4-6 настоящих листьев инокулюмом, приготовленным из сока растений отобранных проб в смеси с калий-фосфатным буфером (рН – 7,6) в соотношении 1:2. Заражение осуществляли путем натирания мягкой поролоновой губкой, предварительно смоченной инокулюмом, поверхности листьев табака. Учет развития симптомов проводили каждые 5 дней с момента инокуляции растений. Выращивание растений-индикаторов осуществлялось в сооружении защищенного грунта в отдельном изолированном боксе.

Для более достоверного выявления вируса погрешности табака, а также определения пораженности другими вирусами картофеля (X-, Y-, S-, M-, L-, A-вирусами) растения-индикаторы протестированы методом иммуноферментного анализа с использованием коммерческих тест-систем с фосфатазной (Loewe, Sediag) и пероксидазной ферментативными метками (ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт картофельного хозяйства имени А. Г. Лорха»). Оптическую плотность продуктов ферментативной реакции измеряли на спектрофотометре для 96-луночных планшетов фирмы Bio-Rad 680 (Франция).

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

При проведении биологического тестирования исследуемого материала картофеля с помощью растений-индикаторов *N. Tabacum* (с. Самсун) первые симптомы поражения в виде посветления жилок отмечены на 10-е сутки после инокуляции. На 15-е сутки у большинства растений выявлена мозаика светло-зеленого цвета на отрастающих молодых листьях и сетчатый некроз, деформация (легкая морщинистость, волнистость и скручивание краев внутрь) на нижних листьях (рис. 1 а, б).

На 20-е сутки после инокуляции симптомы стали более выраженными и яркими, на 25-е сутки был отмечен некроз главных жилок на внешней и внутренней стороне листа (рис. 1 в, г). Нижние листья отмирали и повисали вдоль стебля. Эти же симптомы по мере роста и развития растения постепенно проявлялись на новых молодых листьях. Замедления роста или гибели растений табака не установлено.

На листьях большинства растений *N. Debneyi* на 10-е сутки после инокуляции наблюдалась мозаика в виде светло-зеленых или светло-желтых пятен различной формы

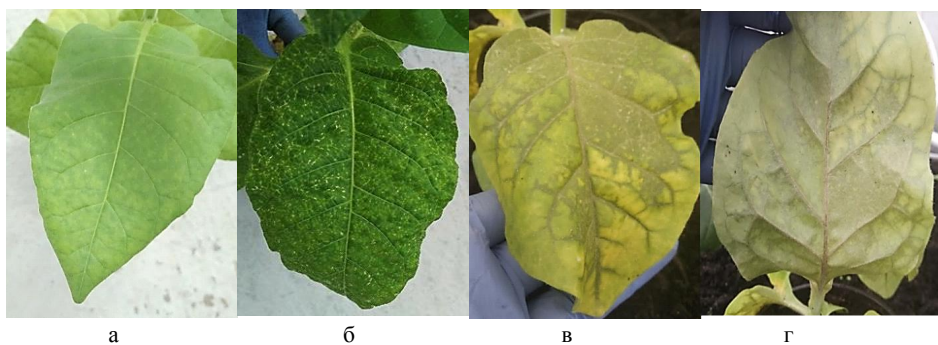


Рисунок 1 – Реакция растений-индикаторов *N. Tabacum* (с. Самсун) на заражение соком растений картофеля с признаками пестростебельности: а – листья табака с симптомами мозаики; б – листья табака с симптомами сетчатого некроза; в, г – листья табака с симптомами некротизации главных жилок на внешней и внутренней стороне листа

(рис. 2 а), на 15-е сутки на листьях проявилась морщинистость и легкая волнистость по краям (рис. 2 б). Далее симптомы только усилились и на 20-е сутки проявились в виде яркой мозаики и сильной деформации листьев (рис. 2 в). При последующем наблюдении симптомы появлялись на вновь отрастающих молодых листьях. На некоторых растениях *N. Debneyi* отмечалось замедление роста и мелколистность. Также на растениях-индикаторах присутствовали симптомы морщинистой мозаики и некротизации листьев (рис. 2 г).

Для выявления вируса погремковости табака в растениях *N. Tabacum* (с. Самсун) и *N. Debneyi*, а также X-, Y-, S-, M-, L-, A-вирусов картофеля растения-индикаторы протестированы методом иммуноферментного анализа.

Исходя из результатов тестирования растений-индикаторов методом ИФА, зараженных соком листовых проб растений полевого материала с картофельных посадок личных подсобных хозяйств Минского, Молодечненского и Любанского районов Минской области, можно сделать вывод о том, что растения табака, имеющие симптомы мозаики, сетчатого некроза либо некроза жилок, оказались поражены Y-вирусом картофеля в сочетании с X-, S-, A-вирусами (рис. 3). Моноинфекция X-вируса выявлена у 17,9 % растений-индикаторов.

При диагностике исследуемого материала методом ИФА выявлено тест-растение *N. Debneyi*, пораженное моноинфекцией вируса погремковости табака. Индикатор был заражен соком растения картофеля иностранной селекции сорта Гала, которое было отобрано с индивидуального участка частного сектора Молодечненского района, где картофель практикуется как монокультура. Листья растения картофеля имели внешние симптомы пестростебельности, такие как яркая мозаика, морщинистость и волнистость листьев по краям.

Первые признаки поражения вирусом погремковости табака в виде морщинистости у основания листьев на растении *N. Debneyi* начали проявляться на 15-е сутки после искусственного заражения. На 24-е сутки вирус проявился на молодых листьях в виде мозаики светло-зеленого цвета различной формы (рис. 4). По мере роста и развития растения симптомы распространялись вверх, проявляясь на молодых отрастающих листьях, что говорит о системном поражении растения, замедления роста не наблюдалось.

Изолят вируса погремковости табака введен в культуру *in vitro* для его дальнейшего изучения. В качестве исходного материала для введения в асептическую культуру использовали пазушные почки растения *N. Debneyi*. Для этого заранее простерилизованные

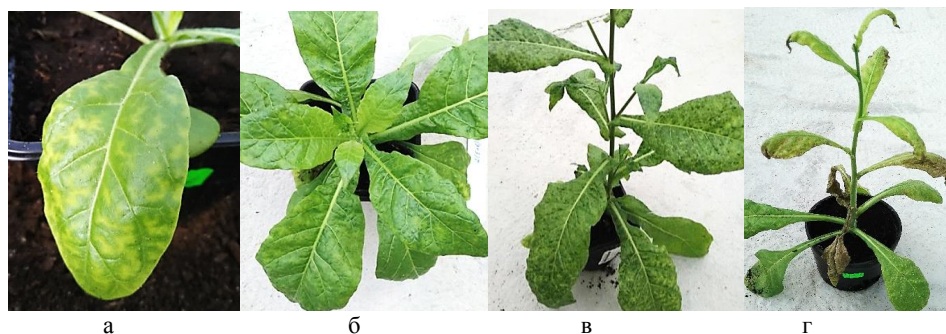


Рисунок 2 – Реакция растений-индикаторов *N. Debneyi* на заражение соком растений картофеля с признаками пестростебельности: а – листья табака с симптомами желтой мозаики; б – листья табака с симптомами мозаики, морщинистости, легкой волнистости листьев по краям; в – листья табака с симптомами яркой мозаики и сильной деформацией листьев; г – растение табака с симптомами мелколистности, морщинистой мозаики и некротизации

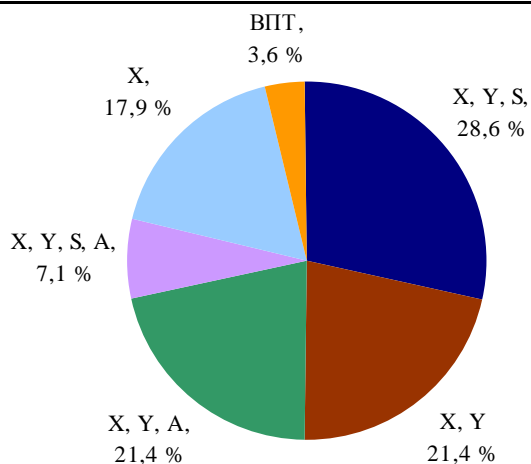


Рисунок 3 – Структура вирусной инфекции растений-индикаторов, зараженных соком листовых проб растений полевого материала картофеля, собранных с различных картофельных посадок и личных подсобных хозяйств Минского, Молодечненского и Любанского районов Минской области, 2020 г.



Рисунок 4 – Симптомы поражения вирусом погречковости табака растения *N. Debneyi*

экспланты размером 1,0–1,5 см высаживали на питательную среду Мурасиге-Скуга, содержащую минеральные соли, а также различные биологически активные вещества и стимуляторы роста. Пробирки с эксплантами помещены в культуральную комнату с температурным диапазоном 20–23 °С и относительной влажностью воздуха 70–80 %.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведения комплексной диагностики листовых проб растений картофеля с признаками пестростебельности, собранных с картофельных посадок личных подсобных хозяйств Минского, Молодечненского и Любанского районов Минской области, методом биологического тестирования на растении-индикаторе *N. Debneyi* выявлены следующие симптомы поражения вирусом погречковости табака: мозаика светло-зеленого цвета и морщинистость у основания листьев. Для дальнейшего изучения изолята экспланты растения *N. Debneyi* были введены в культуру *in vitro*.

## Список литературы

1. Устойчивость картофеля к вирусам: современное состояние и перспективы / С. С. Макарова [и др.] // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2017. – № 21 (1). – С. 62–73.
2. Замалиева, Ф. Ф. Почвенные вирусы и совершенствование системы семеноводства картофеля на оздоровленной основе в Республике Татарстан : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 06.01.11 / Ф. Ф. Замалиева ; Всероссийский НИИ защиты растений. – СПб., 1995. – 18 с.
3. Агур, М. Потенциальные патогены на картофеле в Эстонии / М. Агур, С. Виллемсон // Защита и карантин растений. – 2000. – № 7. – С. 20–21.
4. Гнутова, Р. В. Таксономия вирусов растений Дальнего Востока России / Р. В. Гнутова. – Владивосток : Дальнаука, 2009. – 467 с.
5. Самсонова, Л. Н. Диагностика вирусных и фитоплазменных болезней овощных культур и картофеля / Л. Н. Самсонова, А. Е. Цыпленков, Т. А. Якуткина // Всероссийский НИИ защиты растений. – СПб., 2001. – 48 с.
6. Почвенный вирус пестростебельности картофеля в условиях БССР / А. Л. Амбросов [и др.] // Доклады Академии наук БССР. – 1979. – Т. 23. – № 3. – С. 269–272.
7. Мониторинг вирусов картофеля в Республике Татарстан / Ф. Ф. Замалиева [и др.] // Картофелеводство : сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству ; редкол.: С. А. Турко (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2010. – Вып. 18. – С. 90–100.
8. Bešta, R. Weeds and wild plants as natural host of tobacco rattle virus in the Sarajevo valley / R. Bešta, A. Jerković-Mujkić, S. Pilić // *Herbologia*. – 2010. – № 1. – С. 59–65.
9. European and Mediterranean Plant Protection Organization Organisation Européenne et Méditerranéenne pour la Protection des Plantes [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.eppo.int/>. – Date of access: 27.09.2020.
10. Блоцкая, Ж. В. Вирусные, виroidные и фитоплазменные болезни картофеля / Ж. В. Блоцкая ; Акад. аграр. наук Респ. Беларусь. Белорус. науч.-исслед. ин-т защиты растений. – Минск : Тэхналогія, 2000. – 119 с.
11. Русецкий, Н. В. Изучение распространенности вирусных болезней картофеля в Витебской области / Н. В. Русецкий, В. А. Козлов, А. В. Чашинский // Земляробства і ахова раслін : навук.-практ. часопіс. – 2007. – № 4. – С. 44–47.
12. Козырева, Н. И. Распространение нематод семейства *Trichodoridae* – переносчиков тобравирюсов в Московской области / Н. И. Козырева, Н. Д. Романенко // Паразитология. – 2008. – № 5. – С. 428–434.
13. Романенко, Н. Д. К вопросу о современных методах идентификации видов нематод – вирусоносителей / Н. Д. Романенко, И. В. Петруня, С. Б. Таболин // Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями. – 2015. – № 16. – С. 356–359.
14. Descriptions of Plant Viruses [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.dpvweb.net/>. – Date of access: 01.10.2020.
15. Кузнецова, М. А. Защита картофеля / М. А. Кузнецова // Прил. к журн. «Защита и карантин растений». – 2007. – № 5. – С. 28.
16. Sequences of Tobacco Rattle Viruses from Potato / C. Heinze [et al.] // *Phytopathology*. – 2000. – № 148. – С. 436–443.
17. MacFarlane, S. A. Natural Recombination among Plant Virus Genomes: Evidence from Tobraviruses / S. A. MacFarlane // *Seminars in Virology*. – 1997. – Т. 8. – С. 25–31.

Поступила в редакцию 07.12.2020 г.



YU. A. HALIMONENKO, N. V. RUSSETSKIY, E. V. RADKOVICH,  
G. N. GUSCHA, N. S. SERDYUKOVA

**TOBACCO RATTLE VIRUS ISOLATES USING COMPLEX  
DIAGNOSTICS**

**SUMMARY**

*The experimental data on the search for isolates of the tobacco rattle virus using complex diagnostics of the research potatoes material is presented in the article. As a result of this work, the indicator-plant N. Debneyi was identified, which carries an isolate of tobacco rattle virus.*

*Key words:* potatoes, tobacco rattle virus, mottling, indicator-plant, ELISA, isolate.

**РАЗДЕЛ 4**  
**ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА**  
**И ПЕРЕРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ**

УДК 635.21:631.532.2.011:631.543.81

<https://doi.org/10.47612/0134-9740-2020-28-114-123>

**В. А. Сердюков, В. Л. Маханько**

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук  
Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»,  
аг. Самохваловичи, Минский район  
E-mail: vitaliy.sva.1992@mail.ru

**ВЛИЯНИЕ АГРОТЕХНИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ  
ВЫРАЩИВАНИЯ (ШИРИНЫ МЕЖДУРЯДИЙ 75 И 90 СМ)  
НА ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО  
ПЕРИОДА ПОКОЯ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ РАЗЛИЧНЫХ  
ГРУПП СПЕЛОСТИ**

**РЕЗЮМЕ**

*В статье представлены результаты исследований по влиянию увеличения ширины междурядий до 90 см на продолжительность физиологического периода покоя клубней картофеля различных групп спелости. Установлено, что изменение ширины междурядий до 90 см ведет к продлению периода покоя у клубней сорта Бриз на 7 дней, Скарб – 6, Рагнеда – 3 и Вектар – на 8 дней. Физиологический период покоя у сортов составил: Бриз – 107 дней, Скарб – 104, Рагнеда – 58 и Вектар – 57 дней, тогда как при ширине междурядий 75 см – 100, 98, 55 и 49 дней соответственно. Таким образом, клубни сортов Бриз и Скарб имели продолжительный период покоя, а Рагнеда и Вектар – непродолжительный.*

*Ключевые слова:* картофель, сорт, клубень, ширина междурядий, физиологический период покоя.

**ВВЕДЕНИЕ**

Клубень является органом вегетативного размножения растений картофеля. Формирование и дальнейшее функционирование клубня базируется на целом комплексе физиологических процессов, один из которых – период покоя [1]. Согласно принятой терминологии, покой – важнейшая приспособительная функция картофеля, во время которого сильно снижается интенсивность физиологических процессов и отсутствует видимый рост [2, 4]. Некоторыми исследователями доказано, что покой обуславливается биохимическими особенностями, присущими сорту [3].

Способность к покою, как и любое важное биологическое свойство, закреплена генетически и передается по наследству [5, 10]. При этом различают внутренний (глубокий) и сменяющий его вынужденный покой. При вынужденном покое рост отсутствует только в том случае, если нет благоприятных условий для него [4, 9].

Покой продолжается в течение зимнего времени и служит сохранению клубней как органов вегетативного размножения в неблагоприятных для роста условиях. В период

#### РАЗДЕЛ 4. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА, ПЕРЕРАБОТКИ И ХРАНЕНИЯ КАРТОФЕЛЯ

покоя повышается также устойчивость клубней к атакам патогенов, что соответствует необходимости сохранения запасов крахмала и белков для будущих проростков [7, 8].

Длительность периода покоя зависит прежде всего от сортовых особенностей (генотипа) картофеля, а также условий выращивания клубней и условий их хранения. Прерыванию покоя и преждевременному прорастанию способствует хранение клубней при повышенной температуре, повышенной влажности воздуха, измененном составе атмосферы (увеличенное содержание CO<sub>2</sub>) [4, 5, 9].

Метеорологические условия в течение вегетации картофеля оказывают определенное влияние на продолжительность периода покоя клубней [9]. Важными факторами, влияющими на продолжительность физиологического покоя, являются температура и влажность воздуха. С повышением температуры и влажности воздуха биохимические процессы усиливаются, а период покоя сокращается. По мнению У. Г. Бартона (W. Burton, 1966), резкие изменения температуры, влажности почвы и воздуха в период роста и развития растений могут вызвать сильные отклонения (порядка пяти недель) в продолжительности периода покоя, иногда даже полностью исключая его. М. Ф. Черникова установила, что продолжительность периода покоя в днях менялась у одних и тех же сортов по годам в зависимости от метеорологических условий, но оставалась постоянной в сравнении с другими сортами [5]. Кроме того, она в значительной степени зависит от метеоусловий при выращивании на различных типах почв. Клубни, выращенные на среднем суглинке, прорастают после пробуждения глазков более интенсивно, чем на легкой супеси [9].

Изучение продолжительности физиологического периода покоя клубней картофеля выполнялось многими исследователями, выводы которых, в свою очередь, отличались друг от друга. В литературе не встречается исследований по установлению влияния ширины междурядий на продолжительность физиологического периода покоя.

Таким образом, целью наших исследований было определение влияния ширины междурядий 75 и 90 см на продолжительность физиологического периода покоя клубней картофеля различных групп спелости.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Исследования по установлению влияния ширины междурядий (технологии возделывания, далее – ТВ) на продолжительность физиологического периода покоя клубней картофеля проводили в течение 2017–2019 гг.

В качестве объектов исследований использовали сорта картофеля белорусской селекции различных групп спелости: среднеранний – Бриз, среднеспелый – Скарб, среднепоздние – Рагнеда и Вектар. Предметом исследования была продолжительность физиологического периода покоя клубней.

Был проведен трехфакторный технологический опыт по следующей схеме:

**фактор А** – сорт: Бриз, Скарб, Рагнеда, Вектар;

**фактор В** – ширина междурядий при возделывании 75 и 90 см (технология возделывания: ТВ-75 и ТВ-90);

**фактор С** – год.

Клубневой материал для проведения исследований был выращен на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве технологического севооборота РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодовоовощеводству» в условиях Центрального агроклиматического региона страны.

В качестве предшествующей культуры в технологическом севообороте использовали озимый рапс на зерно с последующей запашкой пожнивных остатков в почву.

**РАЗДЕЛ 4. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА, ПЕРЕРАБОТКИ И ХРАНЕНИЯ КАРТОФЕЛЯ**

Минеральные удобрения вносились из расчета 90 кг/га д. в. азота (сульфат аммония), 60 кг/га д. в. фосфора (суперфосфат двойной) и 150 кг/га д. в. калия (хлористый калий).

За две недели до уборки было проведено удаление ботвы механическим (ТВ-75) и химическим (ТВ-90, препаратом БАСТА 3,0 л/га) методами. Уборку картофеля осуществляли механизировано с отбором опытного материала и дальнейшим проведением учетов согласно схеме исследований.

Метеорологические условия (метеопост Самохваловичи) в годы проведения исследований были нестабильными и контрастными не только по годам, но и в период вегетации, что позволило достоверно оценить влияние условий выращивания на продолжительность периода покоя клубней (табл. 1). Из данных таблицы следует, что среднееголетнее значение температур в сумме составляет 91,0 °С. При этом сумма за период вегетации в 2017 г. составила 87,9 °С (–3,1 °С от среднееголетней нормы). В 2018 и 2019 гг. данные показатели были на уровне 103,3 °С (+12,3 °С) и 90,2 °С (–0,8 °С) соответственно. Среднееголетнее значение количества выпавших осадков в сумме составляет 412,0 мм. В 2017 г. сумма за период вегетации была 408,0 мм (–4,0 мм от среднееголетней нормы); в 2018 г. – 368,0 (–44,0) и в 2019 г. – 345,8 мм (–66,2 мм).

Температура воздуха в апреле 2017 г. составила 6,2 °С, что немного ниже климатической нормы. Осадки выпадали преимущественно в виде дождя. В целом за месяц

Таблица 1 – Метеорологические условия в период вегетации картофеля в 2017–2019 гг.

Показатели	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
<b>2017 г.</b>						
Температура, °С						
За месяц	6,2	13,4	16,7	18,2	19,2	14,2
Отклонение от нормы	–2,1	–0,3	–0,7	–1,5	+0,6	+0,9
Среднееголетнее	8,3	13,7	17,4	19,7	18,6	13,3
Осадки, мм						
За месяц	44,0	55,0	89,0	96,0	65,0	59,0
Отклонение от нормы	–2,0	–5,0	+7,0	+9,0	–13,0	0,0
Среднееголетнее	46,0	60,0	82,0	87,0	78,0	59,0
<b>2018 г.</b>						
Температура, °С						
За месяц	10,4	17,1	20,8	19,7	19,8	15,5
Отклонение от нормы	+2,1	+3,4	+3,4	0,0	+1,2	+2,2
Среднееголетнее	8,3	13,7	17,4	19,7	18,6	13,3
Осадки, мм						
За месяц	45,0	27,0	49,0	153,0	49,0	45,0
Отклонение от нормы	–1,0	–33,0	–33,0	+66,0	–29,0	–14,0
Среднееголетнее	46,0	60,0	82,0	87,0	78,0	59,0
<b>2019 г.</b>						
Температура, °С						
За месяц	8,5	13,8	20,7	16,6	17,7	12,9
Отклонение от нормы	+0,2	+0,1	+3,3	–3,1	–0,9	–0,4
Среднееголетнее	8,3	13,7	17,4	19,7	18,6	13,3
Осадки, мм						
За месяц	4,0	65,0	56,4	76,0	101,4	43,0
Отклонение от нормы	–42,0	+5,0	–25,6	–11,0	+23,4	–16,0
Среднееголетнее	46,0	60,0	82,0	87,0	78,0	59,0

#### РАЗДЕЛ 4. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА, ПЕРЕРАБОТКИ И ХРАНЕНИЯ КАРТОФЕЛЯ

выпало 44,0 мм осадков (около 1,3 месячной нормы). Май характеризовался неустойчивым температурным режимом. Средняя за месяц температура воздуха составила 13,4 °С, что в пределах климатической нормы. Осадки отмечались в виде дождя, в первой декаде и в начале второй иногда выпадал мокрый снег. В целом в мае выпало 55,0 мм осадков (92 % месячной нормы). Июнь характеризовался неустойчивым температурным режимом. Средняя температура воздуха за июль составила 18,2 °С. Дожди носили в основном кратковременный характер и наблюдались часто. В целом за месяц выпало 96,0 мм осадков. Август характеризовался преобладанием теплой погоды в первой и второй декадах и пониженного температурного режима в последней декаде месяца. Дожди в августе носили в основном кратковременный характер и отмечались часто. В сентябре среднесуточная температура воздуха была на 0,9 °С выше среднегодовой и составила 14,2 °С. Количество выпавших осадков составило норму – 59,0 мм.

В апреле 2018 г. среднесуточная температура воздуха составила 10,4 °С, что на 3,2 °С выше климатической нормы. Осадков выпало 45,0 мм. Май характеризовался повышенным температурным режимом и дефицитом осадков. Среднемесячная температура воздуха за май составила 17,1 °С. Осадки отмечались редко и носили преимущественно кратковременный характер. В целом за месяц выпало 27,0 мм осадков (20–75 % месячной нормы). Температура воздуха за июнь составила 20,8 °С, что выше климатической нормы. За месяц выпало всего 49,0 мм осадков в виде дождя. Июль выдался теплым и характеризовался неустойчивым характером погоды с частыми дождями. Среднемесячная температура воздуха была 19,7 °С. За месяц выпало 153,0 мм осадков, что составило 175 % климатической нормы. В августе преобладала теплая погода. Средняя за месяц температура воздуха была 19,8 °С, что на 2–3 °С выше климатической нормы. Особенно сухо было в первой декаде месяца. Всего выпало 49,0 мм осадков. Среднесуточная температура воздуха в сентябре составила 15,5 °С, что на 3,5 °С выше климатической нормы. Дожди отмечались чаще в третьей декаде месяца. В целом за месяц выпало 45,0 мм осадков (месячная норма).

Апрель в 2019 г. характеризовался дефицитом осадков и неустойчивым температурным режимом в первой половине и преобладанием теплой погоды во второй половине месяца. Средняя за месяц температура воздуха составила 8,5 °С, а сумма осадков – всего 4,0 мм. Май характеризовался холодной погодой в первой декаде и преобладанием теплой погоды во второй и третьей декадах. Средняя за месяц температура воздуха составила 13,8 °С, что в пределах климатической нормы. В целом за месяц выпало 65,0 мм осадков (месячная норма). Средняя за июль температура составила 20,7 °С, что на 3,3 °С выше климатической нормы. За месяц выпало всего 56,4 мм осадков (69 % месячной нормы). Июль характеризовался преобладанием неустойчивой прохладной погоды. Средняя температура воздуха за месяц составила 16,6 °С, что на 3,1 °С ниже климатической нормы, а количество осадков – 76,0 мм (87 % нормы). Среднесуточная температура в августе была 17,7 °С, выпало 101,4 мм осадков (130 % месячного количества). Сентябрь характеризовался теплой погодой в первой половине и преобладанием холодной погоды во второй половине месяца. Средняя за месяц температура воздуха составила 12,9 °С. Дожди в сентябре чаще отмечались во второй и третьей декадах. В целом за месяц отмечено 43,0 мм осадков (73 % месячной нормы).

Наблюдения, учет и анализ опытного материала выполняли согласно Методическим рекомендациям по специализированной оценке сортов картофеля [6]. Экспериментальные данные обработаны программой Statistica 10.

*Период физиологического покоя клубней* – отсутствие прорастания физиологически зрелых клубней в благоприятных условиях. Признак сортоспецифичный и выражается суммой положительных температур, необходимых сорту для прорастания. Для определения данного параметра физиологически зрелые клубни после уборки хранили в темном помещении при температуре 18–20 °С и относительной влажности воздуха 90–95 %. Объем выборки для оценки данного показателя – 40 клубней. Период покоя отдельного клубня считается законченным, если на нем появился хотя бы один росток длиной 1,5 мм. Для оценки образца использовали среднее значение признака по всей выборке. Единица измерения – сутки. Сравнение проводили между сортами и технологией возделывания (шириной междурядий).

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В результате проведенных исследований установлено, что с изменением ширины междурядий до 90 см прослеживается увеличение периода покоя по всем сортам независимо от группы спелости. В период вегетации растений картофеля температура почвы на глубине клубневого гнезда при ширине междурядий 90 см была на 0,5–2,5 °С ниже, чем при 75 см. Следовательно, клубни, выращенные при ширине междурядий 90 см, накопили сумму положительных температур меньше, что повлияло на выход клубней из состояния покоя в период хранения. Считается, что при более объемистом гребне клубни картофеля меньше прогреваются, следовательно, накапливают меньше температур за период вегетации.

Установлено статистически достоверное влияние фактора В (технологии возделывания, ширины междурядий) и взаимодействия факторов А:В (сорт и технология возделывания) на продолжительность физиологического периода покоя у клубней изучаемых сортов в 2017 г., который составил: при ТВ-90 у сорта Бриз 84 дня, Скарб – 94, Рагнеда – 51 и Вектар – 53 дня, а при ТВ-75 у сорта Бриз – 77 дней (–7 дней), Скарб – 93 (–1) и 49 дней у сортов Рагнеда и Вектар (–2 и –4 дня соответственно) (табл. 2).

Для прогнозирования температурного режима в период длительного хранения важным показателем является интервал прорастания клубней, который варьировал от 21 дня у сортов Рагнеда и Вектар до 25 дней у сорта Бриз независимо от условий возделывания при ширине междурядий 90 см.

Исследования 2017 г. показали, что для выхода клубней из состояния покоя им необходима определенная сумма положительных температур в период хранения, которая взаимосвязана с продолжительностью периода покоя: для клубней сорта Бриз – 1 232–1 344 °С, Скарб – 1 488–1 504, Рагнеда – 784–816 и Вектар – 736–768 °С при ширине междурядий 75 и 90 см соответственно.

Клубни сортов Бриз и Скарб более однотипны по продолжительности периода покоя, чем сорта Рагнеда и Вектар, что подтверждает коэффициент вариации (CV). Установлено, что с увеличением ширины междурядий с 75 до 90 см CV снижается, а следовательно, однородность материала повышается по всем сортам. CV при ТВ-90 равен для сорта Бриз 33,4 %, Скарб – 31,8, Рагнеда – 57,7 и Вектар – 53,1 %. Таким образом, клубни урожая 2017 г. сортов Бриз и Скарб имели продолжительный период покоя, а Рагнеда и Вектар – непродолжительный.

Анализ результатов исследований 2018 г. свидетельствует, что увеличение ширины междурядий до 90 см ведет к статистически достоверному продлению периода покоя на 12 дней у сорта Бриз и на 14 дней у сорта Вектар, а также при совокупном взаимодействии факторов А:В у сортов Бриз, Вектар и Скарб на 12, 14 и 8 дней соответственно. Период покоя клубней при ТВ-90 у сортов Бриз и Скарб – продолжительный (143

**РАЗДЕЛ 4. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА, ПЕРЕРАБОТКИ И ХРАНЕНИЯ КАРТОФЕЛЯ**

Таблица 2 – Продолжительность физиологического периода покоя клубней сортов картофеля в зависимости от ширины междурядий при возделывании, 2017–2019 гг.

Сорт	ТВ, см	Период покоя клубней, дней	Интервал прорастания, дней	Сумма температур, полученная клубнями от уборки до прорастания, °С	Коэффициент вариации (CV), %
<b>2017 г.</b>					
Бриз	75	77	68–90	1 232	39,0
	90	84	68–93	1 344	33,4
Скарб	75	93	88–110	1 488	33,4
	90	94	88–110	1 504	31,8
Рагнеда	75	49	39–60	784	68,1
	90	51	40–61	816	57,7
Вектар	75	49	38–60	736	67,0
	90	53	39–60	768	53,1
НСР <sub>0,05</sub> : фактор А		3,15	–		
фактор В		6,27			
взаимодействие А:В		4,29			
<b>2018 г.</b>					
Бриз	75	131	101–158	2 096	53,6
	90	143	117–165	2 288	41,8
Скарб	75	110	98–126	1 760	36,7
	90	118	109–126	1 888	22,5
Рагнеда	75	72	59–84	1 152	40,4
	90	75	69–81	1 200	26,7
Вектар	75	52	37–74	832	78,3
	90	66	41–88	1 056	79,0
НСР <sub>0,05</sub> : фактор А		5,03	–		
фактор В		10,37			
взаимодействие А:В		6,44			
<b>2019 г.</b>					
Бриз	75	93	47–121	1 488	89,7
	90	95	69–133	1 520	97,6
Скарб	75	90	78–105	1 140	42,3
	90	99	73–114	1 584	52,7
Рагнеда	75	45	39–55	720	47,9
	90	48	43–62	768	38,5
Вектар	75	45	39–53	720	38,3
	90	51	41–69	816	75,9
НСР <sub>0,05</sub> : фактор А		5,37	–		
фактор В		8,15			
взаимодействие А:В		7,49			

и 118 дней соответственно), Рагнеда и Вектар – непродолжительный (75 и 66 дней соответственно). При ТВ-75 он составил у сортов Бриз – 131 день (–12 дней), Скарб – 110 (–8), Рагнеда – 72 (–3) и Вектар – 52 дня (–14 дней).

Наименьший интервал прорастания от первого до последнего клубня в урожае 2018 г. был у сорта Рагнеда – 12 дней (69–81) при ТВ-90, а наибольший – у сорта Бриз – 57 дней (101–158) при ТВ-75. Следует отметить, что с увеличением ширины междурядий уменьшается и интервал прорастания.

Для того чтобы клубни урожая 2018 г. вышли из состояния покоя, им необходимо было накопить следующие суммы положительных температур в период хранения: Бриз – 2 096–2 288 °С, Скарб – 1 760–1 888, Рагнеда – 1 152–1 200 и Вектар – 832–1 056 °С при ТВ-75 и ТВ-90 соответственно.

Генетическая однородность клубней исследуемых сортов повышается с увеличением ширины междурядий у сортов Бриз, Скарб и Рагнеда, коэффициент вариации составил 41,8; 22,5 и 26,7 % соответственно. У клубней сорта Вектар четкой закономерности влияния ширины междурядий не установлено.

Исследования 2019 г. показали, что изучаемые сорта разделились на две группы по продолжительности периода покоя: с продолжительным периодом – сорта Бриз и Скарб, с непродолжительным – Рагнеда и Вектар. Увеличение ширины междурядий с 75 до 90 см способствовало продлению физиологического периода покоя клубней от 2 дней у сорта Бриз до 9 дней у сорта Скарб, у сортов Рагнеда и Вектар этот показатель составил 3 и 6 дней соответственно (ТВ-90: Бриз – 95 дней, Скарб – 99, Рагнеда – 48 и Вектар – 51 день; ТВ-75: 93, 90, 45 и 45 дней соответственно).

От длины периода покоя зависит сумма положительных температур, необходимая клубням для выхода из состояния покоя: чем длиннее период покоя, тем выше общее количество положительных температур. Важным показателем при установлении оптимальных режимов хранения является интервал прорастания, который отражает выход клубней из состояния покоя от первого до последнего клубня индивидуально каждому сорту. Наименьший интервал прорастания отмечен у клубней сорта Вектар при ТВ-75, а наибольший – у клубней сорта Бриз при ТВ-90.

Для выхода клубней урожая 2019 г. из состояния покоя им необходимо было накопить следующие суммы положительных температур: Бриз – 1 488–1 520 °С, Скарб – 1 140–1 584, Рагнеда – 720–768 и Вектар – 720–816 °С при ширине междурядий 75 и 90 см соответственно.

Следует отметить, что клубни сортов Рагнеда и Вектар урожая 2019 г. более однотипны по продолжительности периода покоя, чем сорта Бриз и Скарб. Четкой закономерности влияния ширины междурядий на коэффициент вариации и период покоя клубней не было установлено.

В таблице 3 отражены результаты исследований влияния технологий возделывания (ширины междурядий) на продолжительность физиологического периода покоя клубней картофеля различных групп спелости в среднем за три года.

Таким образом, в среднем за три года исследований увеличение ширины междурядий с 75 до 90 см привело к продлению периода покоя клубней картофеля у всех сортов: Бриз – на 7 дней, Скарб – 6, Рагнеда – 3 и Вектар – на 8 дней. Увеличение ширины междурядий до 90 см оказало статистически достоверное влияние на продолжительность физиологического периода покоя клубней у сортов Бриз, Скарб и Вектар, период покоя которых составил 107 дней (+7), 104 (+6) и 57 (+8) дней соответственно (при ТВ-75: Бриз – 100 дней, Скарб – 98 и Вектар – 57 дней). У клубней сорта Рагнеда результаты исследований находились в пределах ошибки



**РАЗДЕЛ 4. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА, ПЕРЕРАБОТКИ И ХРАНЕНИЯ КАРТОФЕЛЯ**

Таблица 3 – Средняя продолжительность физиологического периода покоя клубней сортов картофеля в зависимости от ширины междурядий при возделывании

Сорт	ТВ, см	Период покоя клубней, дней	Интервал прорастания, дней	Сумма температур, полученная клубнями от уборки до прорастания, °С	Коэффициент вариации (CV), %
Бриз	75	100	72–123	1 600	60,8
	90	107	85–130	1 712	57,6
Скарб	75	98	88–114	1 568	37,5
	90	104	90–117	1 664	35,7
Рагнеда	75	55	46–66	880	52,1
	90	58	51–68	928	41,0
Вектар	75	49	38–62	784	61,2
	90	57	40–72	912	69,3
НСР <sub>0,05</sub> :					
фактор А		4,53			
фактор В		5,33		–	
фактор С		5,99			
взаимодействие А:В:С		6,22			

опыта и статистически достоверного влияния ширины междурядий на продолжительность периода покоя не установлено (при ТВ-75 – 55 дней, при ТВ-90 – 58 дней (+3)). Статистически достоверное влияние ширины междурядий на продолжительность периода покоя при взаимодействии факторов А, В и С (сорт, технология возделывания и год) было установлено у сортов Бриз и Вектар. Клубни сортов Бриз и Скарб имели продолжительный период покоя, а Рагнеда и Вектар – непродолжительный.

Наименьший интервал прорастания отмечен у клубней сорта Рагнеда – 17 дней при ТВ-90 и 20 дней при ТВ-75, а наибольший – у сорта Бриз – 51 день при ТВ-75 и 45 дней при ТВ-90.

По результатам исследований 2017–2019 гг. установлено, что для выхода клубней из состояния покоя в период длительного хранения им необходимо накопить сумму положительных температур, которая для сортов составила: Бриз – 1 600–1 712 °С, Скарб – 1 568–1 664, Рагнеда – 880–928 и Вектар – 784–912 °С при ширине междурядий 75 и 90 см соответственно. Необходимо помнить, что данная величина непостоянна и может меняться под влиянием ряда факторов, одним из которых являются метеоусловия в период вегетации.

Установлено, что увеличение ширины междурядий до 90 см повышает однотипность выращенных клубней картофеля, они являются генетически более однородными. Коэффициент вариации у клубней сортов, выращенных при ширине междурядий 90 см, составил: Бриз – 57,6 %, Скарб – 35,7 и Рагнеда – 41,0 %. У клубней сорта Вектар обратная тенденция: материал более однородный при ТВ-75 – 61,2 %, а при ТВ-90 – 69,3 %.

Дисперсионный анализ показал, что основным фактором, влияющим на продолжительность физиологического периода покоя за годы исследований, является сортовая особенность (фактор А) с долей влияния 72,09 %, в свою очередь условия года (фактор С) оказали влияние на 18,91 %, ширина междурядий (фактор В) – 1,12 %. Период покоя от совокупного взаимодействия факторов А:В:С зависит на 0,21 % (рис.).

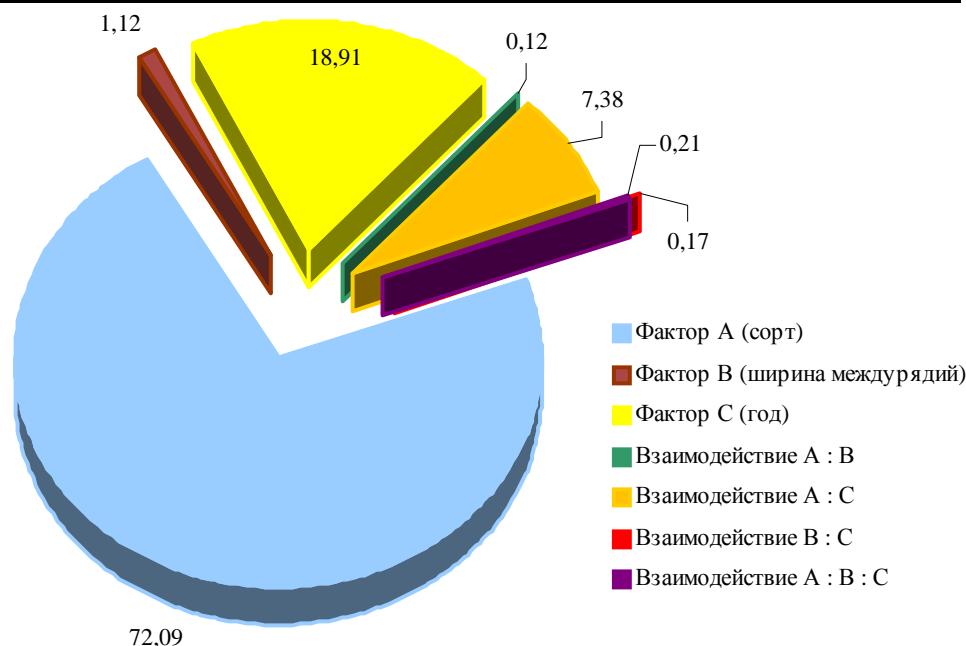


Рисунок – Доля влияния факторов А, В, С на продолжительность физиологического периода покоя клубней, 2017–2019 гг., %

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований по определению влияния ширины междурядий 75 и 90 см на продолжительность физиологического периода покоя клубней отмечено, что увеличение ширины ведет к продлению периода покоя у сортов: Бриз – на 7 дней, Скарб – 6, Рагнеда – 3 и Вектар – на 8 дней, который равен 107, 104, 58 и 57 дней соответственно по сортам, выращенным при ширине междурядий 90 см.

Клубни сортов Бриз и Скарб имели продолжительный период покоя, а Рагнеда и Вектар – непродолжительный.

Для выхода клубней из состояния покоя в период длительного хранения им необходимо накопить сумму положительных температур, которая для сортов составила: Бриз – 1 600–1 712 °С, Скарб – 1 568–1 664, Рагнеда – 880–928 и Вектар – 784–912 °С при ширине междурядий 75 и 90 см соответственно. Период покоя зависит от особенности сорта на 72,09 %.

## Список литературы

1. Ewing, E. E. Tuber Formation in Potato: Induction, Initiation and Growth / E. E. Ewing, P. C. Struik // Hort. Rev. – 1992. – V. 14. – P. 89–198.
2. Para- and Ecodormancy: Physiological Terminology and Classification for Dormancy Research / G. A. Lang [et al.] // Hort. Sci. – 1987. – V. 22. – P. 371–377.
3. Simmonds, N. W. Correlated seed and tuber dormancy in potatoes / N. W. Simmonds // Nature. – 1963. – 197 с.
4. Банадысев, С. А. Хранение семенного картофеля / С. А. Банадысев. – М. : КнигИздат, 2020. – 292 с.

5. Картофель (возделывание, уборка, хранение) / Д. Шпаар [и др.] ; ред. Д. Шпаар. – 4-е изд., дораб. и доп. – М. : Агродело, 2007. – 457 с.

6. Методические рекомендации по специализированной оценке сортов картофеля / С. А. Банадысев [и др.] ; М-во сельского хоз-ва и прод. Респ. Беларусь. – Минск : [б. и.], 2003. – 71 с.

7. Озерецкая, О. Л. Клеточные и молекулярные механизмы иммунитета картофеля / О. Л. Озерецкая // Регуляция роста и развития картофеля ; под ред. М. Х. Чайлахяна, А. Т. Мокроносова. – М. : Наука, 1990. – С. 131–137.

8. Сухова, Л. С. Регуляция покоя клубней картофеля и их устойчивости к болезням путем изменения гормонального баланса с помощью доноров этилена / Л. С. Сухова, Н. П. Кораблева // Регуляция роста и развития картофеля / под ред. М. Х. Чайлахяна, А. Т. Мокроносова. – М. : Наука, 1990. – С. 138–142.

9. Технологии хранения картофеля / К. А. Пшеченков [и др.] ; Рос. акад. с.-х. наук, Всерос. науч.-исслед. ин-т картоф. хоз-ва им. А. Г. Лорха, Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова. – [б. м.] : Картофелевод, 2007. – 191 с.

10. Чайлахян, М. Х. Фотопериодическая и гормональная регуляция клубнеобразования у растений / М. Х. Чайлахян. – М. : Наука, 1984. – 69 с.

Поступила в редакцию 21.12.2020 г.

V. A. SERDYUKOV, V. L. MAHANKO

**AGROTECHNICAL GROWING CONDITIONS EFFECT  
(ROW SPACING 75 AND 90 CM) ON PHYSIOLOGICAL  
REST PERIOD OF POTATOES TUBERS OF DIFFERENT  
RIPENESS GROUPS**

**SUMMARY**

*The research results of the effect of row spacing increase from 75 to 90 cm on the duration of the physiological dormancy period of potatoes tubers of different ripeness groups are presented in the article. It was found that a change in the row spacing up to 90 cm leads to an extension of the dormancy period for tubers of Briz variety – 7 days, Skarb – 6, Ragneda – 3 and Vectar – by 8 days. The physiological rest period was: Briz – 107 days, Skarb – 104, Ragneda – 58 and Vectar – 57 days, while with a row spacing of 75 cm it is equal to 100 days, 98, 55 and 49 days, respectively.*

*Tubers of Briz and Scarb varieties have a long dormant period while Ragneda and Vectar have a short dormancy.*

*Key words:* potatoes, variety, tuber, row spacing, physiological rest period.

УДК 635.21:631.526.32-048.24

<https://doi.org/10.47612/0134-9740-2020-28-124-134>

**В. А. Сердюков, В. Л. Маханько, И. А. Родькина, Д. Д. Фицуро**

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук

Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»,

аг. Самохваловичи, Минский район

E-mail: [vitaliy.sva.1992@mail.ru](mailto:vitaliy.sva.1992@mail.ru)

## **ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ И ИММУНОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИГОДНОСТИ ПАРТИЙ КАРТОФЕЛЯ К ДЛИТЕЛЬНОМУ ХРАНЕНИЮ**

### **РЕЗЮМЕ**

*В статье представлены результаты технологической и иммунологической оценки пригодности партий продовольственного и семенного картофеля к длительному хранению, выращенных при ширине междурядий 75 и 90 см. Установлено, что пригодность партий картофеля непосредственно зависит от метеорологических условий года и технологических операций, проводимых при возделывании картофеля, что, как следствие, влияет на устойчивость к механическим повреждениям и развитию патогенов в массе хранящегося картофеля.*

*Ключевые слова:* картофель, сорт, клубень, ширина междурядий, пригодность к хранению.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Современное картофелеводство все в большей степени нацелено на получение не только высоких и стабильных урожаев для продовольствия и семенных целей, но и картофеля как сырья для промышленной переработки на различные картофелепродукты, что, в свою очередь, предъявляет особые требования к исходному качеству клубней и пригодности их к длительному хранению [1]. Во время хранения в клубнях картофеля продолжают сложные физиолого-биохимические процессы: дыхание, раневые реакции, период покоя, прорастание, которые определяют сохранность конкретной партии [1–6]. Лежкость при хранении также обусловлена целым рядом причин, среди которых механические повреждения, неблагоприятные погодные условия в период вегетации и уборки и т. д. [1].

Потери при хранении (лежкость) складываются из естественной убыли (потери на дыхание – убыль массы), технического отхода (частично пораженные гнилью клубни, в основном сухой), абсолютной гнили (клубни полностью сгнившие – мокрая гниль) и ростков. Во многом эти показатели зависят от исходного качества клубней. Поэтому в идеале они должны быть абсолютно здоровыми, без механических повреждений мякоти и кожуры, без подмораживания и других дефектов. Исходное качество клубней формируется в процессе выращивания (защита от фитофтороза, бактериальных гнилей, удущья); при уборке (способ уборки – комбайном или с применением копателя, температура воздуха, влажность и тип почвы); при послеуборочной доработке и загрузке в хранилище [1].

Формирование прочной кожуры и минимальное ее повреждение в процессе уборки и загрузки на хранение имеет решающее значение, так как болезни проникают в клубень в основном через повреждения кожуры. Во время сбора урожая механические повреждения кожуры неизбежны и патогены распространяются по партии картофеля, а попав в хранилище, могут бурно размножаться при благоприятных для них

#### **РАЗДЕЛ 4. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА, ПЕРЕРАБОТКИ И ХРАНЕНИЯ КАРТОФЕЛЯ**

условиях. Будет болезнь развиваться в хранилище или нет, зависит от присутствия трех ключевых факторов:

- количества инокулята болезни, обычно грибных спор или бактерий, присутствующих на клубнях;
- условий микроклимата для развития болезни;
- естественной устойчивости клубня к заболеванию.

Сдерживание болезней на этапе хранения возможно за счет минимизации повреждений, быстрой просушки, качественного залечивания повреждений, управления температурным и влажностным режимом, соблюдения всех правил [7].

На основании результатов исследований выработаны определенные допуски на исходное качество картофеля, при которых обеспечивается хранение с минимально неизбежными потерями:

- суммарное содержание клубней, пораженных фитофторозом, удущьем, сухими гнилями, – не более 2,0–2,5 %;
- с механическими повреждениями мякоти глубиной более 5 мм и длиной более 10 мм (порезы, вырвы, трещины) – не более 5 %;
- клубней с обдиром кожуры более 50 % поверхности – не более 10–12 %;
- клубней, пораженных мокрой, кольцевой, пуговичной и другими бактериальными гнилями, а также раздавленных, подмороженных и маточных клубней – не допускается;
- не допускается наличие соломы, ботвы и других растительных остатков [1, 5].

Соответствие указанным требованиям во многом зависит от технологии выращивания, технологии послеуборочной доработки и закладки клубней на хранение:

- во время вегетации в соответствии с погодными условиями должно проводиться своевременное и необходимое количество обработок растений соответствующими препаратами против фитофтороза, альтернариоза, антракноза и других грибковых и бактериальных заболеваний;
- для предотвращения массового почвенного удущья клубней система предпосадочной подготовки почвы и междурядной обработки должна обеспечивать рыхлое состояние почвы в гребнях и междурядьях вплоть до уборки;
- необходимым является обязательное предуборочное удаление ботвы химическим, механическим или комбинированным способами в зависимости от условий и развития ботвы, не менее чем за 10–12 дней до уборки. Должна быть правильно выбрана технология послеуборочной доработки клубней в зависимости от места хранения, времени реализации и назначения картофеля [1].

По мнению некоторых авторов, партии картофеля с поражением гнилями до 5 % клубней считаются пригодными для длительного хранения без дополнительной переборки [8]. Картофель, имеющий скрытое поражение в пределах 5–10 %, подлежит обязательной переборке перед закладкой на хранение. Полная сохранность партий с наличием более 10 % зараженных гнилями клубней не гарантируется. В этом случае проводится дополнительная переборка с последующей реализацией картофеля на продовольственные или технические цели.

Таким образом, целью наших исследований являлось определение пригодности партий продовольственного и семенного картофеля к длительному хранению, выращенного с шириной междурядий 75 и 90 см.

#### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА**

Исследования по установлению пригодности партий продовольственного и семенного картофеля к длительному хранению проводили в течение 2017–2019 гг.

В качестве объекта исследований использовали сорта картофеля белорусской селекции различных групп спелости: среднеранний – Бриз, среднеспелый – Скарб, среднепоздние – Рагнеда и Вектар. Предметом исследования была лежкоспособность (сохранность) клубней картофеля.

Был проведен двухфакторный технологический опыт:

**фактор А** – сорт: Бриз, Скарб, Рагнеда, Вектар;

**фактор В** – ширина междурядий при возделывании 75 и 90 см (технология возделывания: ТВ-75 и ТВ-90).

Клубневой материал для проведения исследований был выращен на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве технологического севооборота РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодородию почвы» в условиях Центрального агроклиматического региона страны. Пахотный горизонт поля характеризуется агрохимическими показателями, содержание которых находится на достаточном уровне, чтобы получить хороший урожай картофеля.

В качестве предшествующей культуры в технологическом севообороте использовали озимый рапс на зерно с последующей заправкой пожнивных остатков в почву. Минеральные удобрения вносились из расчета 90 кг/га д. в. азота (сульфат аммония), 60 кг/га д. в. фосфора (суперфосфат двойной) и 150 кг/га д. в. калия (хлористый калий).

За две недели до уборки было проведено удаление ботвы механическим (75 см) и химическим (90 см, препаратом БАСТА 3,0 л/га) методами. Уборку картофеля проводили механизировано с отбором опытного материала и дальнейшим проведением учетов согласно схеме исследований.

Погодные условия вегетационных периодов отличались нестабильностью и контрастностью по годам. Вегетационный период 2017 г. был более сухим, нежели условия 2018 г., которые характеризовались регулярными проливными дождями в период роста и развития растений. Однако следует отметить, что на состояние хранящегося продукта и его потери в период длительного хранения влияют метеорологические условия в период вегетации, уборки и закладки клубней на хранение. Уборочный период 2017 г. был дождливым, что непосредственно сказалось на количестве клубней, пораженных мокрой гнилью, в период уборки 2018 и 2019 гг. стояла теплая и сухая погода. В начале вегетационного периода и периода клубнеобразования в 2019 г. отмечались засушливые условия.

Наблюдения, учет и анализ опытного материала выполняли согласно методическим рекомендациям по специализированной оценке сортов картофеля и методике исследований по культуре картофеля [8, 9]. Экспериментальные данные обработаны программой Statistica 10.

Исходное качество картофеля, закладываемого на хранение, определяли клубневым анализом, который проводили в процессе уборки для оценки пригодности партий продовольственного и семенного картофеля к длительному хранению [9, 10].

Оценка **устойчивости клубней к механическим повреждениям (технологическая оценка)** проводилась для определения степени повреждения клубней при механизированной уборке и пригодности их к длительному хранению. Оценка сортов осуществлялась в сравнении их между собой и по технологии возделывания. По ее результатам устанавливалась степень устойчивости в зависимости от ширины междурядий. В день уборки определяли внешние повреждения: обдир кожуры до 1/2 и более 1/2 поверхности клубня; вырывы мякоти до 5 мм и более 5 мм; трещины до 20 мм и более 20 мм, резанные и давленные клубни. По результатам учета вычисляли процент поврежденных

клубней, в том числе по видам механических повреждений, а также устанавливали степень их устойчивости к механическим повреждениям [9].

Для определения **пригодности (иммунологическая оценка)** партий (клубней) к длительному хранению после уборки отбирали по 300 клубней (3 повторности по 100 клубней) каждого сорта с учетом технологии возделывания (75 и 90 см) и направления использования (продовольственного и семенного). Затем помещали клубни в полиэтиленовые пакеты, плотно завязывали и выдерживали при комнатной температуре (15–20 °С) в течение двух недель. По истечении срока осуществляли учет клубней, пораженных гнилями. Оценка проводилась с учетом сортов, технологии возделывания и направления использования. Партии, пригодные к длительному хранению, в которых поражение гнилями не превышает 5 %, при соблюдении температурно-влажностного режима хранятся хорошо без дополнительной переборки. Партии, условно пригодные к длительному хранению, где поражение клубней гнилями составляет 5–10 %, требуют дополнительной переборки клубней. Партии считаются непригодными к длительному хранению и требуют быстрого использования при проявлении и развитии мокрых гнилей у более 10 % больных клубней [8, 10].

### **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

На основании требований к исходному качеству картофеля, при которых обеспечивается лучшая сохранность с минимально неизбежными потерями, проведена технологическая (устойчивость клубней к механическим повреждениям) и иммунологическая (степень поражения клубней гнилями) оценка пригодности партий продовольственного и семенного картофеля к длительному хранению, выращенных при ширине междурядий 75 и 90 см.

Наиболее существенное влияние на сохранность клубней в период хранения оказывают механические повреждения: обдир кожуры более 1/2 поверхности клубня, трещины более 20 мм и вырывы более 5 мм, а также резаные клубни. За годы исследований установлено, что с увеличением ширины междурядий с 75 до 90 см количество клубней с механическими повреждениями снижалось независимо от сорта (табл. 1).

С увеличением ширины междурядий до 90 см отмечено снижение количества клубней с механическими повреждениями по всем сортам: обдир кожуры до 1/2 поверхности клубня – от 0,70 % (сорт Вектар) до 1,46 % (сорт Бриз), обдир кожуры более 1/2 поверхности клубня – от 0,63 до 0,83 % соответственно для сортов Вектар и Бриз; трещины до 20 мм – от 0,30 % у среднепозднего сорта Рагнеда до 0,79 % у среднеспелого сорта Скарб, трещины более 20 мм – от 0,03 % (сорт Бриз) до 0,70 % (сорт Рагнеда); вырывы до 5 мм – от 0,47 % у среднераннего сорта Бриз до 0,66 % у среднеспелого сорта Скарб, установлено снижение вырывов более 5 мм у среднепозднего сорта Рагнеда на 0,49 %. Количество резаных и давленных клубней непосредственно зависит от глубины залегания клубневого гнезда, а также хода подкапывающего лемеха сельскохозяйственной машины. В наших исследованиях при анализе образцов в среднем за три года исследований с увеличением ширины междурядий до 90 см было отмечено снижение количества резаных клубней от 0,06 % у сорта Рагнеда до 0,15 % у сорта Бриз. Давленных клубней при анализе образцов выявлено не было.

В анализируемых образцах встречались разного рода механические повреждения, которые в совокупности составляют общее количество клубней с механическими повреждениями и определяют степень их устойчивости к механизированной уборке и пригодности к длительному хранению. Увеличение ширины междурядий ведет

Таблица 1 – Технологическая оценка пригодности партий картофеля к длительному хранению при механизированной уборке, 2017–2019 гг.

Сорт	ТВ, см	Год	Механические повреждения, %										Здоровые клубни, %	Устойчивость
			обдир кожуры		трещины		вырывы		отходы		Клубни с механическими повреждениями, %			
			до 1/2	>1/2	до 20 мм	>20 мм	до 5 мм	>5 мм	резаные	давленные				
Бриз	75	2017	2,11	1,06	0,00	0,50	1,27	0,00	0,22	0,00	5,16	94,84	Устойчив	
		2018	2,76	1,43	2,34	0,73	2,34	0,00	0,22	0,00	9,81	90,19	Устойчив	
		2019	1,36	0,65	1,30	2,41	2,75	0,89	0,00	0,00	9,36	90,64	Устойчив	
		$\bar{x}$ *	2,08	1,05	1,21	1,21	2,12	0,30	0,15	0,00	8,11	91,89	Устойчив	
		2017	0,38	0,38	1,68	0,00	1,58	0,00	0,00	0,00	4,02	95,98	Очень устойчив	
Скарб	90	2018	0,88	0,00	1,90	0,44	3,09	0,84	0,00	0,00	7,16	92,84	Устойчив	
		2019	0,61	0,28	1,68	3,11	0,27	0,28	0,00	0,00	6,24	93,76	Устойчив	
		$\bar{x}$	0,62	0,22	1,75	1,18	1,65	0,37	0,00	0,00	5,81	94,19	Устойчив	
		2017	0,40	0,00	1,77	0,00	0,87	0,00	0,00	0,00	3,04	96,96	Очень устойчив	
Рагнеда	75	2018	1,43	0,00	1,86	2,42	1,53	0,53	0,14	0,00	7,91	92,09	Устойчив	
		2019	0,43	0,22	3,28	0,87	2,12	1,90	0,00	0,00	8,82	91,18	Устойчив	
		$\bar{x}$	0,75	0,07	2,30	1,10	1,51	0,81	0,05	0,00	6,59	93,41	Устойчив	
		2017	0,00	1,34	0,00	0,00	0,45	1,07	0,47	0,00	3,33	96,67	Очень устойчив	
Рагнеда	90	2018	1,71	0,00	1,58	0,45	1,29	1,74	0,13	0,00	6,90	93,10	Устойчив	
		2019	0,80	0,38	2,95	1,19	0,82	0,39	0,00	0,00	6,54	93,46	Устойчив	
		$\bar{x}$	0,84	0,57	1,51	0,55	0,85	1,07	0,20	0,00	5,59	94,41	Устойчив	
		2017	2,75	0,78	1,18	0,00	1,81	0,00	0,00	0,00	6,34	93,66	Устойчив	
		2018	7,72	1,86	1,17	0,44	3,43	2,70	0,00	0,00	17,32	82,68	Относительно устойчив	
Рагнеда	75	2019	4,32	5,56	1,97	2,88	1,05	1,16	0,17	0,00	17,12	82,88	Относительно устойчив	
		$\bar{x}$	4,93	2,73	1,44	1,11	2,10	1,29	0,06	0,00	13,59	86,41	Относительно устойчив	



РАЗДЕЛ 4. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА, ПЕРЕРАБОТКИ И ХРАНЕНИЯ КАРТОФЕЛЯ

Окончание таблицы 1

Сорт	ТВ, см	Год	Механические повреждения, %										Здоровые клубни, %	Устойчивость		
			обдир кожуры		трещины		вырывы		отходы		Клубни с механическими повреждениями, %	Устойчивость				
			до 1/2	>1/2	до 20 мм	>20 мм	до 5 мм	>5 мм	резаные	давленные						
Раннеда	90	2017	1,84	0,40	0,70	0,00	2,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	94,99	Устойчив		
		2018	5,70	3,17	0,79	0,00	2,27	1,98	0,00	0,00	0,00	0,00	86,09	Относительно устойчив		
		2019	3,96	2,74	1,92	1,24	2,87	0,42	0,00	0,00	0,00	0,00	86,86	Относительно устойчив		
Вектар	75	$\bar{x}$	3,83	2,10	1,14	0,41	2,40	0,80	0,00	0,00	0,00	0,00	89,31	Относительно устойчив		
		2017	2,41	1,83	0,48	0,00	0,40	1,66	0,36	0,00	0,00	0,00	92,86	Устойчив		
		2018	6,80	1,66	2,23	2,08	3,01	0,97	2,02	0,00	0,00	0,00	81,23	Относительно устойчив		
Вектар	90	2019	4,59	3,67	2,75	1,11	2,78	0,28	0,20	0,00	0,00	0,00	84,62	Относительно устойчив		
		$\bar{x}$	4,60	2,39	1,82	1,06	2,06	0,97	0,86	0,00	0,00	0,00	86,24	Относительно устойчив		
		2017	2,35	0,81	0,29	0,12	2,45	0,00	0,27	0,00	0,00	0,00	93,71	Устойчив		
Вектар	90	2018	3,93	1,82	2,00	0,99	4,52	2,39	2,05	0,00	0,00	0,00	82,31	Относительно устойчив		
		2019	5,42	2,66	1,09	0,90	1,11	0,69	0,00	0,00	0,00	0,00	88,12	Относительно устойчив		
		$\bar{x}$	3,90	1,76	1,13	0,67	2,69	1,03	0,77	0,00	0,00	0,00	88,05	Относительно устойчив		
			2017 г.										2018 г.	2019 г.	$\bar{x}$	
НСР <sub>0,05</sub> :																
фактор А														1,72	3,50	2,91
фактор В														1,82	4,60	2,44
взаимодействие А : В														2,65	5,11	4,11
взаимодействие А : В : год																4,06

\*  $\bar{x}$  – среднее значение за 2017–2019 гг.

к снижению количества клубней с механическими повреждениями на 1,00 % у сорта Скарб (min) до 2,90 % у сорта Рагнеда (max).

Исходя из полученных данных установлено, что изменение ширины междурядий с 75 до 90 см снижает количество поврежденных клубней при механизированной уборке, но не влияет на степень устойчивости их к механизированной уборке. Клубни сортов Бриз и Скарб характеризуются как устойчивые к механическим повреждениям, а сорта Рагнеда и Вектар – относительно устойчивы независимо от технологий возделывания (ширины междурядий).

Согласно результатам технологической оценки за 2017–2019 гг., большинство партий картофеля пригодны к длительному хранению и соответствуют предъявляемым требованиям. Следует отметить, что партии картофеля среднепозднего сорта Вектар в 2018 г. не соответствовали предъявляемым требованиям независимо от ширины междурядий. Они характеризовались повышенным содержанием клубней с механическими повреждениями мякоти глубиной более 5 мм и длиной более 20 мм (порезы, вырывы, трещины) – 5,07 и 5,43 % в партиях, выращенных при ширине междурядий 75 и 90 см соответственно, что ведет к дополнительным мероприятиям по устранению дефектных клубней перед закладкой на длительное хранение.

Иммунологическая оценка пригодности партий семенного картофеля показала, что основным фактором, влияющим на проявление и развитие гнилей в период хранения, являются условия года (табл. 2).

В 2017 г. партии изучаемых сортов картофеля были условно пригодными для длительного хранения. Степень поражения гнилями варьировала от 7,0 % у сорта Скарб до 8,7 % у сорта Вектар, выращенных при ширине междурядий 75 см, а при ширине 90 см данный показатель составлял от 7,7 % у сорта Вектар до 9,7 % у сорта Бриз. Данные партии картофеля требуют применения перевалочной технологии закладки на хранение – с временным хранением и переборкой клубней, а в период хранения за ними требуется тщательный контроль.

Следует также отметить отсутствие клубней, пораженных гнилями, в партиях картофеля сортов Скарб, Рагнеда и Вектар, выращенных при ширине междурядий 75 см в 2018 г., и сортов картофеля Бриз, Скарб и Вектар, выращенных при ширине междурядий 90 см в 2019 г.

Независимо от сорта и ширины междурядий при возделывании партии изучаемых сортов картофеля в 2018 и 2019 гг. были пригодны для длительного хранения при соблюдении температурно-влажностного режима согласно каждому периоду хранения и не требовали дополнительной переборки, а в 2017 г. – были условно пригодны для длительного хранения и требовали дополнительной переборки.

Изменение ширины междурядий не повлияло на количество клубней, пораженных гнилями. В среднем их доля варьировала от 2,56 % (сорт Скарб) до 3,23 % (сорт Вектар) при ТВ-75 и от 2,68 % (сорт Вектар) до 3,34 % (сорт Бриз) при ТВ-90.

Результаты иммунологической оценки пригодности партий продовольственного картофеля к длительному хранению представлены в таблице 3.

На основании полученных данных можно сделать вывод, что партии продовольственного картофеля исследуемых сортов независимо от ширины междурядий в 2017 г. были условно пригодны для их длительного хранения, поэтому они требовали перевалочной технологии хранения с дополнительной переборкой и контролем в период хранения, а в 2018–2019 гг. – пригодными. Степень поражения клубней гнилями в 2017 г. варьировала от 6,0 % (сорт Рагнеда) до 8,0 % (сорт Вектар) при ТВ-75 и от 5,6 % (сорт Бриз) до 6,3 % (сорт Вектар) при ТВ-90. Увеличение ширины междурядий

**РАЗДЕЛ 4. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА, ПЕРЕРАБОТКИ И ХРАНЕНИЯ КАРТОФЕЛЯ**

Таблица 2 – Иммунологическая оценка пригодности партий семенного картофеля к длительному хранению, 2017–2019 гг.

Сорт	ТВ, см	Год	Степень поражения клубней гнилями, %		Заключение о пригодности партии картофеля к хранению	
Бриз	75	2017	8,60		Условно пригодна	
		2018	0,33		Пригодна	
		2019	0,67		Пригодна	
		$\bar{x}$ *	3,20		Пригодна	
	90	2017	9,70		Условно пригодна	
		2018	0,33		Пригодна	
		2019	0,00		Пригодна	
		$\bar{x}$	3,34		Пригодна	
Скарб	75	2017	7,00		Условно пригодна	
		2018	0,00		Пригодна	
		2019	0,67		Пригодна	
		$\bar{x}$	2,56		Пригодна	
	90	2017	8,30		Условно пригодна	
		2018	0,00		Пригодна	
		2019	0,00		Пригодна	
		$\bar{x}$	2,77		Пригодна	
Рагнеда	75	2017	8,30		Условно пригодна	
		2018	0,00		Пригодна	
		2019	1,33		Пригодна	
		$\bar{x}$	3,21		Пригодна	
	90	2017	8,00		Условно пригодна	
		2018	1,00		Пригодна	
		2019	0,67		Пригодна	
		$\bar{x}$	3,22		Пригодна	
Вектар	75	2017	8,70		Условно пригодна	
		2018	0,00		Пригодна	
		2019	1,00		Пригодна	
		$\bar{x}$	3,23		Пригодна	
	90	2017	7,70		Условно пригодна	
		2018	0,33		Пригодна	
		2019	0,00		Пригодна	
		$\bar{x}$	2,68		Пригодна	
			2017 г.	2018 г.	2019 г.	$\bar{x}$
НСР <sub>0,05</sub> :						
фактор А			2,08	0,51	1,26	2,66
фактор В			1,48	0,35	0,82	1,86
взаимодействие А : В			3,18	0,61	1,87	3,88
взаимодействие А : В : год						2,05

\*  $\bar{x}$  – среднее значение за 2017–2019 гг.

**РАЗДЕЛ 4. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА, ПЕРЕРАБОТКИ И ХРАНЕНИЯ КАРТОФЕЛЯ**

Таблица 3 – Иммунологическая оценка пригодности партий продовольственного картофеля к длительному хранению, 2017–2019 гг.

Сорт	ТВ, см	Год	Степень поражения клубней гнилями, %		Заключение о пригодности партии картофеля к хранению	
Бриз	75	2017	7,30		Условно пригодна	
		2018	0,00		Пригодна	
		2019	1,00		Пригодна	
		$\bar{x}^*$	2,78		Пригодна	
	90	2017	5,60		Условно пригодна	
		2018	0,00		Пригодна	
		2019	0,33		Пригодна	
		$\bar{x}$	1,99		Пригодна	
Скарб	75	2017	6,30		Условно пригодна	
		2018	0,00		Пригодна	
		2019	0,67		Пригодна	
		$\bar{x}$	2,33		Пригодна	
	90	2017	6,00		Условно пригодна	
		2018	0,00		Пригодна	
		2019	0,33		Пригодна	
		$\bar{x}$	2,11		Пригодна	
Рагнеда	75	2017	6,00		Условно пригодна	
		2018	0,00		Пригодна	
		2019	0,67		Пригодна	
		$\bar{x}$	2,22		Пригодна	
	90	2017	6,00		Условно пригодна	
		2018	2,00		Пригодна	
		2019	0,33		Пригодна	
		$\bar{x}$	2,78		Пригодна	
Вектар	75	2017	8,00		Условно пригодна	
		2018	0,70		Пригодна	
		2019	0,67		Пригодна	
		$\bar{x}$	3,13		Пригодна	
	90	2017	6,30		Условно пригодна	
		2018	0,30		Пригодна	
		2019	0,67		Пригодна	
		$\bar{x}$	2,44		Пригодна	
			2017 г.	2018 г.	2019 г.	$\bar{x}$
НСР <sub>0,05</sub> :						
фактор А			1,64	0,91	1,19	2,05
фактор В			1,09	0,68	0,79	1,43
взаимодействие А : В			2,32	1,00	1,87	2,98
взаимодействие А : В : год						1,72

\*  $\bar{x}$  – среднее значение за 2017–2019 гг.

#### **РАЗДЕЛ 4. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА, ПЕРЕРАБОТКИ И ХРАНЕНИЯ КАРТОФЕЛЯ**

с 75 до 90 см способствовало статистически достоверному снижению количества клубней, пораженных гнилями, на 1,7 % у сортов Бриз и Вектар.

Отсутствие больных клубней отмечено у сортов Бриз и Скарб в партиях 2018 г., выращенных при ширине междурядий 75 и 90 см, а также в партии картофеля сорта Рагнеда при ТВ-75. В 2019 г. количество клубней, пораженных гнилями, варьировало от 0,33 % у сортов Бриз, Скарб, Рагнеда и Вектар, выращенных при ТВ-90, до 1,00 % у партии сорта Бриз (ТВ-75).

Таким образом, условно пригодными партии продовольственного картофеля были в 2017 г., пригодными – в 2018–2019 гг. В среднем степень поражения клубней гнилями варьировала от 2,22 % у сорта Рагнеда до 3,13 % у сорта Вектар, выращенных при ширине междурядий 75 см, и от 1,90 % у сорта Бриз до 2,78 % у сорта Рагнеда при ширине междурядий 90 см. В среднем по годам увеличение ширины междурядий вело к снижению количества больных клубней от 0,22 % у сорта Скарб до 0,79 % у сорта Бриз.

Иммунологическая оценка пригодности партий продовольственного и семенного картофеля показала отсутствие партий с наличием поражения клубней гнилями более 10 %, которые требуют дополнительной переборки и быстрой реализации на продовольственные цели или переработку.

#### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В результате технологической и иммунологической оценки пригодности партий продовольственного и семенного картофеля установлено, что пригодность партий к длительному хранению непосредственно зависела от метеорологических условий года в период вегетации, уборки и закладки клубней на хранение.

Изменение ширины междурядий с 75 до 90 см снижает общее количество поврежденных клубней при механизированной уборке от 1,00 % у сорта Скарб (min) до 2,90 % у сорта Рагнеда (max). Клубни сортов Бриз и Скарб характеризуются как устойчивые к механическим повреждениям, а сорта Рагнеда и Вектар – относительно устойчивы независимо от технологий возделывания (ширины междурядий).

Увеличение ширины междурядий не повлияло на количество клубней, пораженных гнилями, у партий семенного картофеля. Их доля варьировала от 2,56 % (сорт Скарб) до 3,23 % (сорт Вектар) при ТВ-75 и от 2,68 % (сорт Вектар) до 3,34 % (сорт Бриз) при ТВ-90.

Степень поражения продовольственных клубней гнилями варьировала от 2,22 % (сорт Рагнеда) до 3,13 % (сорт Вектар) при ТВ-75 и от 1,90 % (сорт Бриз) до 2,78 % (сорт Рагнеда) при ТВ-90. В среднем по годам увеличение ширины междурядий вело к снижению больных клубней от 0,22 % у сорта Скарб до 0,79 % у сорта Бриз.

Иммунологическая оценка показала, что независимо от сорта и ширины междурядий партии семенного и продовольственного картофеля в 2017 г. были условно пригодны для длительного хранения и требовали дополнительной переборки, а в 2018 и 2019 гг. – были пригодны для длительного хранения без дополнительной переборки.

#### **Список литературы**

1. Технологии хранения картофеля / К. А. Пшеченков [и др.] ; Рос. акад. с.-х. наук, Всерос. науч.-исслед. ин-т картоф. хоз-ва им. А. Г. Лорха, Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова. – [б. м.] : Картофелевод, 2007. – 191 с.
2. Антонов, М. В. Перевозка и хранение картофеля / М. В. Антонов. – М. : Экономика, 1965. – 207 с.

3. Гусев, С. А. Хранение картофеля / С. А. Гусев, Л. В. Метлицкий. – М. : Колос, 1982. – 221 с.
4. Картофель / под ред. Н. А. Дорожкина. – Минск : Ураджай, 1972. – 448 с.
5. Картофель (возделывание, уборка, хранение) / Д. Шпаар [и др.] ; ред. Д. Шпаар. – 4-е изд., дораб. и доп. – М. : Агродело, 2007. – 457 с.
6. Фицуру, Д. Д. Оценка лежкоспособности клубней сортов картофеля белорусской селекции / Д. Д. Фицуру, С. А. Турко, Л. И. Пищенко // Картофелеводство : сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по картофелеводству и плодородию. – Минск, 2012. – Т. 20. – С. 169–178.
7. Банадысев, С. А. Хранение семенного картофеля / С. А. Банадысев. – М. : КнигИздат, 2020. – 292 с.
8. Иванюк, В. Г. Защита картофеля от болезней, вредителей и сорняков / В. Г. Иванюк, С. А. Банадысев, Г. К. Журомский. – Минск : Белпринт, 2005. – 696 с.
9. Методические рекомендации по специализированной оценке сортов картофеля / С. А. Банадысев [и др.] ; М-во сельского хоз-ва и прод. Респ. Беларусь. – Минск : [б. и.], 2003. – 71 с.
10. Методика исследований по культуре картофеля / НИИ картофельного хоз-ва ; редкол.: Н. С. Бацанов [и др.]. – М., 1967. – 265 с.

Поступила в редакцию 21.12.2020 г.

V. A. SERDYUKOV, V. L. MAHANKO, I. A. RODKINA, D. D. FITSURO

#### **TECHNOLOGICAL AND IMMUNOLOGICAL ASSESSMENT OF POTATOES LOT SUITABILITY FOR LONG-TERM STORAGE**

##### **SUMMARY**

*The results of technological and immunological assessment of the suitability of batches of food and seed potatoes for long-term storage, grown with a row spacing of 75 and 90 cm are presented in the article. It has been found that the suitability of potatoes lots directly depends on the meteorological conditions of the year and the technological operations carried out during the potatoes cultivation, which, as a result, affects the resistance to mechanical damage and the development of pathogens in the mass of stored potatoes.*

*Key words:* potatoes, variety, tuber, row spacing, storage suitability.

## РАЗДЕЛ 5

### СЕМЕНОВОДСТВО КАРТОФЕЛЯ

УДК 635.21:631.53.01

<https://doi.org/10.47612/0134-9740-2020-28-135-145>

**В. В. Анципович, Н. А. Анципович, В. А. Козлов,  
А. И. Попкович, В. Л. Маханько**

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук  
Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»,  
аг. Самохваловичи, Минский район  
E-mail: semena\_bulba@tut.by

#### **ЭФФЕКТИВНОСТЬ НЕКОРНЕВЫХ ПОДКОРМОК, ГУСТОТЫ И СХЕМ ПОСАДКИ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ПЕРВОГО КЛУБНЕВОГО ПОКОЛЕНИЯ КАРТОФЕЛЯ В СООРУЖЕНИЯХ ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА**

##### **РЕЗЮМЕ**

*Изучено влияние некорневых подкормок микроудобрениями, густоты посадки и способов возделывания картофеля на урожайность в сооружениях защищенного грунта. Представлена агрономическая эффективность примененных микроудобрений при получении первого клубневого поколения картофеля сортов различных групп спелости.*

*Ключевые слова:* картофель, сорт, защищенный грунт, мини-клубни картофеля, Наноплант Со, Мп, Су, Фе, КомплеМет, Лифдрип Универсал, Лифдрип Бор, Нутривант Плюс, микроэлементы, Беларусь.

##### **ВВЕДЕНИЕ**

В условиях интенсивного аграрного производства, когда используются высокоурожайные сорта и гибриды картофеля, рост урожая сопровождается увеличением выноса всех элементов питания, в том числе и микроэлементов. И если недостаток азота, фосфора и калия возмещается внесением минеральных удобрений, то внесению микроэлементов уделяется крайне мало внимания, в результате чего страдает не только качество полученной продукции, но и товарный вид [1].

Согласно закону минимума Либиха, урожай и его качество определяется элементом, находящимся в минимуме, независимо от того, в каком количестве он требуется растению.

Наиболее важными микроэлементами для картофеля являются бор, медь, цинк. Внесение высоких доз фосфорных удобрений снижает поступление цинка в растение, калийных – бора, азотных – меди. Кроме того, известкование почв связывает эти элементы и делает их менее доступными для растений [2].

Высокая потребность картофеля в микроэлементах объясняется распределением их в самих растениях. В отличие от азота, фосфора и калия, которые многократно используются внутри растительного организма и от недостатка которых страдают старые нижние листья, катионы металлов микроэлементов являются активными центрами ферментов – сложных органических соединений различной химической природы,

находятся в клетках растительных тканей химически связанными и не могут повторно использоваться вновь образующимися молодыми органами растений.

Почвенный дефицит микроэлементов и недостаточность поступления доступных форм марганца, цинка, меди, кобальта, молибдена, бора вследствие неблагоприятных почвенных условий приводит к несбалансированности корневого питания картофеля макро- и микроэлементами и, как правило, является причиной того, что картофель не реализует свой генетический потенциал, дает низкий и невысокого качества урожай, имеет пониженную устойчивость к неблагоприятным погодным условиям и заболеваниям.

В этих условиях в настоящее время для достижения максимальной биологической и хозяйственной эффективности производства картофеля особое значение приобретают полифункциональные химические препараты, сочетающие питательные, защитные и регуляторные свойства – комплексные микроудобрения. Использование подобных препаратов для некорневой обработки вегетирующих растений картофеля позволяет сократить кратность защитных мероприятий и объем применяемых пестицидов [3].

Важной химической характеристикой хелатов микроэлементов, обуславливающей их высокую биологическую активность и физиологическую эффективность применения, является высокая устойчивость молекул к диссоциации и микробному разложению. Металлы, внесенные в виде хелатов, не осаждаются, остаются мобильными в почвенном растворе корневой зоны и растворе, нанесенном на листья и стебли, откуда активно поглощаются и передвигаются по сосудистой системе растений, то есть действуют *системно*. Оригинальность их действия состоит в том, что, обладая фунгицидной и регуляторной активностью, они активизируют деятельность ферментов, воздействуют на биохимические процессы, происходящие в клетках, стимулируют рост и развитие растений и подавляют развитие фитопатогенов [2, 4].

В настоящее время внедрение прогрессивных технологий, использующих экологически чистые и экономически эффективные нанопрепараты, дает возможность изучить их влияние на продуктивность картофеля. Их применение дает возможность при минимальных дозах препаратов достигать гораздо больших эффектов [5, 6].

Эффективным способом внесения микроудобрений являются некорневые подкормки, которые позволяют дать растениям полноценное питание в периоды высоких стрессов и восполнить нехватку микроэлементов. При проведении некорневой подкормки растения используют 40–100 % микроэлементов, тогда как при внесении их в почву – лишь несколько процентов, а в некоторых случаях – даже десятые доли процента внесенного в почву микроэлемента [7].

Цель исследований – оценить эффективность некорневых подкормок микроудобрениями, густоты посадки и способов возделывания на продуктивность растений картофеля в сооружениях защищенного грунта.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Исследования проводили в 2015–2017 гг. в сооружениях защищенного грунта ОПО «Николка» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству».

Опыт проводился на растениях сортов картофеля различных групп спелости: Манifest (среднеранний), Скарб (среднеспелый) и Вектар (среднепоздний) по следующей схеме:

**Фактор** – густота посадки:

- 1) 20 растений/м<sup>2</sup>;
- 2) 30 растений/м<sup>2</sup>;
- 3) 40 растений/м<sup>2</sup>.



**Фактор** – способ посадки:

- 1) ширина междурядий 33 см без гребня;
- 2) ширина междурядий 45 см без гребня;
- 3) ширина междурядий 45 см с гребнем.

**Фактор** – некорневые подкормки:

- 1) без удобрений;
- 2) нанодобрение Наноплант Со, Мп, Си, Fe (0,1 л/га), производство НТООО «Актех», Беларусь;
- 3) КомплеМет – картофель (2,5 л/га), ООО «Новые технологии и продукты», г. Гродно, Беларусь;
- 4) Лифдрип Универсал и Лифдрип Бор (4 кг/га, далее – Лифдрип Универсал и Бор), ФРАРИМПЕК (FRARIMPEX), Франция;
- 5) Нутривант Плюс картофельный (2 кг/га), ICL Fertilizers, Израиль.

Растения картофеля *in vitro* после 14-дневной адаптации на ионообменном субстрате Биона высаживались в условия защищенного грунта согласно схеме опыта в четырехкратной повторности.

В течение вегетационного периода проводился комплекс мероприятий: систематическое рыхление, полив, обработки против болезней и вредителей, некорневые подкормки и окучивание согласно схеме опыта. Некорневые подкормки нано- и микроудобрениями проводились два раза за весь вегетационный период: первая – при высоте растений 10–15 см; вторая – в фазу бутонизации – начала цветения.

После уборки урожая полученные данные обрабатывались с помощью программы Statistica 7.

В качестве контроля использовался вариант с густотой посадки 30 растений/м<sup>2</sup> с шириной междурядий 33 см без гребня без некорневых подкормок.

Агрономическая эффективность микроудобрений рассчитана по методике РУП «Институт почвоведения и агрохимии» [8].

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

При проведении исследований оценивалась эффективность производства картофеля в условиях защищенного грунта в зависимости от густоты и технологии посадки, а именно ширины междурядий и наличия или отсутствия гребня. Средние данные за три года (2015–2017 гг.) приводятся по трем сортам (Манифест, Скарб и Вектар). В результате исследований установлено, что увеличение количества растений на единицу площади приводит к снижению коэффициента размножения. В контрольных вариантах без обработок наибольший коэффициент размножения (4,4) был получен при густоте посадки 20 растений/м<sup>2</sup> при ширине междурядий 45 см с формированием гребня. Для увеличения изучаемого показателя применялись микроудобрения различных марок для некорневых подкормок вегетирующих растений картофеля. Наибольший эффект от использования микроудобрений был получен в вариантах с густотой посадки 20 растений/м<sup>2</sup> при ширине междурядий 45 см с формированием гребня, коэффициент размножения составил 5,5–5,7 (рис. 1).

При оценке выхода количества клубней с 1 м<sup>2</sup> установлено, что уплотнение посадки привело к увеличению показателя на 5,8–8,5 шт/м<sup>2</sup>, 3,3–8,2 и 9,7–12,3 шт/м<sup>2</sup> относительно контрольных вариантов в зависимости от технологии посадки. Значимого влияния ширины междурядий на изучаемый показатель в рамках соответствующих вариантов не отмечено. Однако при формировании гребня количество клубней при ширине междурядий 45 см выросло до 87,5–109,5 шт/м<sup>2</sup>, что на 5,7–16,3 шт. больше, чем при безгребневой посадке (рис. 2).

РАЗДЕЛ 5. СЕМЕНОВОДСТВО КАРТОФЕЛЯ



Рисунок 1 – Кoeffициент разномножения в зависимости от технологии, густоты посадки и использованных микроудобрений, средние данные за три года по трем сортам

РАЗДЕЛ 5. СЕМЕНОВОДСТВО КАРТОФЕЛЯ

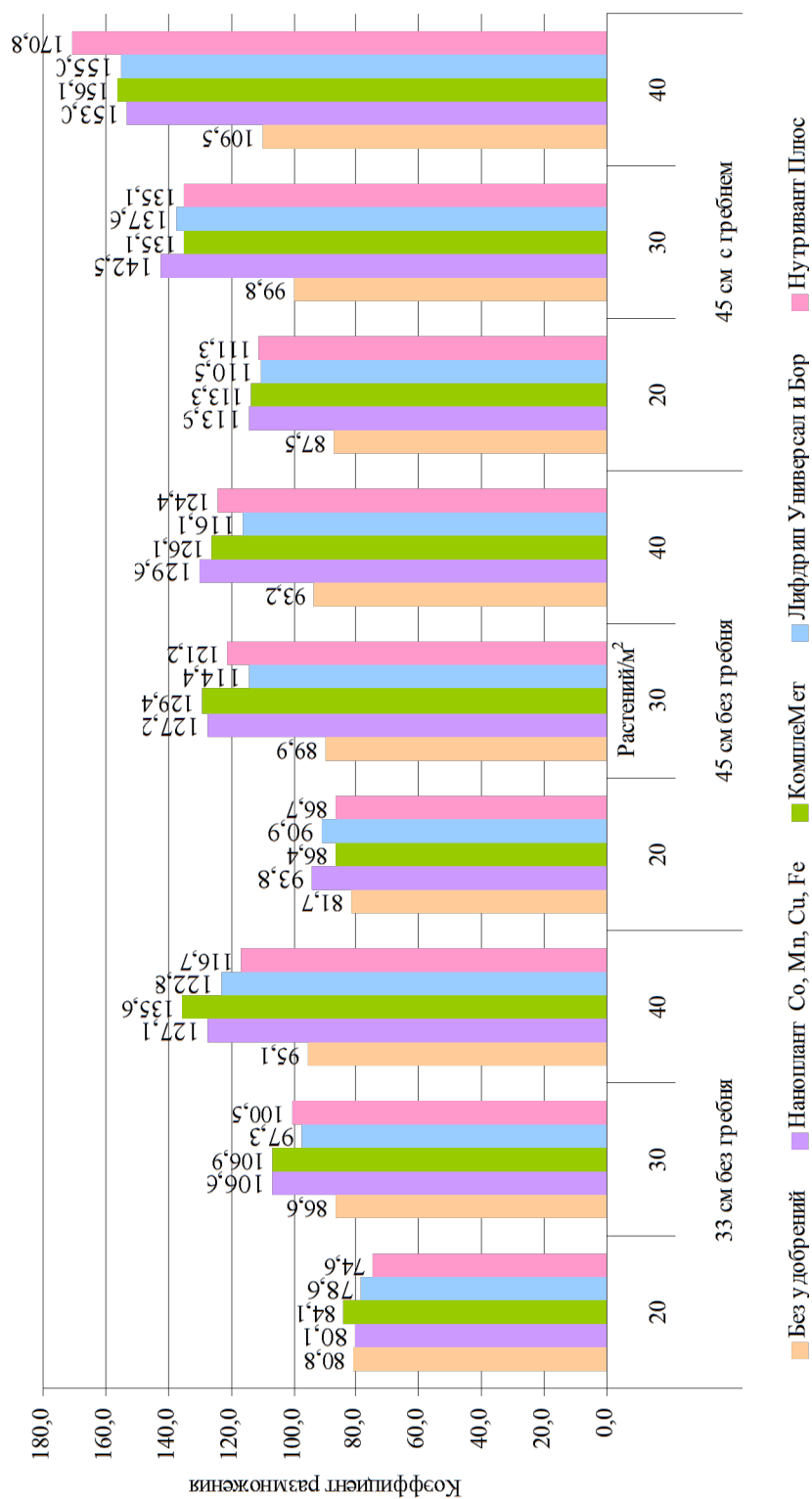


Рисунок 2 – Количество клубней в зависимости от технологии, густоты посадки и использованных микроудобрений, средние данные за три года по трем сортам

РАЗДЕЛ 5. СЕМЕНОВОДСТВО КАРТОФЕЛЯ

В целом уплотнение посадки, увеличение ширины междурядий и применение микроудобрений оказало положительное влияние на количественный выход клубней картофеля с 1 м<sup>2</sup>. Исключение составил вариант с подкормкой микроудобрениями растений, высаженных при густоте посадки 20 растений/м<sup>2</sup> с шириной междурядий 33 см без гребня. В данном варианте количество клубней находилось на уровне контроля (см. рис. 2).

Для оценки эффективности каждого отдельно взятого мероприятия и влияния взаимодействия изучаемых факторов на показатели урожайности первого клубневого поколения была определена доля влияния фактора по итогам дисперсионного анализа данных. Результаты показали, что различия в урожайности клубней на 32,1 % обусловлены влиянием фактора «Сорт» и на 24,5 % – фактором «Густота». Влияние факторов «Удобрения» и «Технология» незначительно отличалось друг от друга и находилось на уровне 9,6 и 10,1 %. Наиболее существенное влияние взаимодействия факторов оказали «Сорт\*Удобрения» – 5,6 % и совместное влияние всех четырех факторов – 3,6 % (рис. 3).

Для определения агрономической эффективности изучаемых микроудобрений была рассчитана их окупаемость количеством полученных клубней первого клубневого поколения. Результаты показали, что наиболее эффективным на сорте Манифест оказалось применение удобрения Нутривант Плюс: при его использовании во всех вариантах окупаемость 1 кг данного микроудобрения составила от 113 до 134 тыс. клубней, за исключением варианта с безгребневой посадкой при ширине междурядий 33 см и густоте 20 растений/м<sup>2</sup>. Окупаемость КомплеМет – картофель составила 109 833–164 667 клубней при ширине междурядий 45 см независимо от наличия гребня. Стоит отметить,

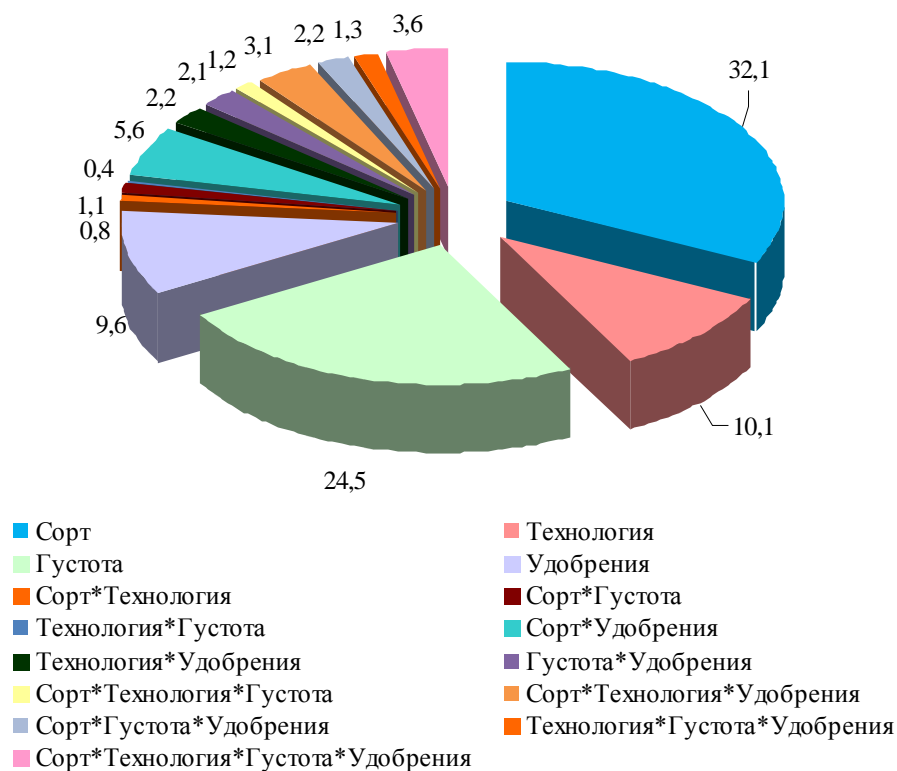


Рисунок 3 – Доля влияния факторов на продуктивность первого клубневого поколения картофеля, 2015–2017 гг., %

что взаимодействие узкорядной технологии и плотности посадки 40 растений/м<sup>2</sup> обеспечило высокую окупаемость 1 кг удобрения (164 667 клубней) только при использовании КомплеМет – картофель. Высокая окупаемость Наноплант Со, Мп, Сu, Fe отмечена в вариантах с густотой посадки 40 растений/м<sup>2</sup> независимо от ширины междурядий – 127 167–160 500 клубней. В варианте с густотой посадки 30 растений/м<sup>2</sup> при 45 см с гребнем применение микроудобрения окупились 127 167 клубнями (табл. 1).

У сорта Скарб окупаемость 1 кг (л) удобрений количеством клубней первого клубневого поколения несколько отличалась от показателей, полученных у сорта Манифест (табл. 2).

Наибольшая окупаемость была получена в вариантах с шириной междурядий 45 см без гребня при обработке Наноплант Со, Мп, Сu, Fe растений, высаженных по 30 шт/м<sup>2</sup> – 112 333 клубня на норму применения удобрения и при применении Нутривант Плюс, 40 растений/м<sup>2</sup> – 122 292 шт/кг. Не менее значимые для сорта Скарб показатели (более 80 тыс. шт.) были получены в вариантах с безгребневой технологией с шириной междурядий 45 см и густотой посадки 40 растений/м<sup>2</sup> с обработкой КомплеМет – картофель – 82 000 шт. на 1 кг удобрения и Наноплант Со, Мп, Сu, Fe – 84 333 клубней на норму применения удобрения. Эти же удобрения обеспечили высокую окупаемость клубнями при густоте посадки 30 растений, но с технологией 45 см с гребнем – 82 000 клубней на 1 кг удобрения при использовании КомплеМет – картофель и 86 667 шт. на норму применения удобрения Наноплант Со, Мп, Сu, Fe (см. табл. 2).

У сорта Вектар агрономически более эффективными оказались КомплеМет и Нутривант плюс (табл. 3). Максимальное количество клубней на 1 кг удобрений не только внутри сорта Вектар, но и по отношению к остальным сортам картофеля было получено в варианте с шириной междурядий 45 см с гребнем, густотой растений 40 шт/м<sup>2</sup> при применении Нутривант Плюс – 326 667 клубней/кг. При густоте посадки 30 растений/м<sup>2</sup> с аналогичными остальными условиями было получено 174 583 клубня на 1 кг удобрения. Высокая окупаемость удобрения при применении КомплеМет также была получена в варианте с шириной междурядий 45 см с гребнем, густотой растений 40 шт/м<sup>2</sup> – 102 667 клубня на 1 кг удобрения.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В накоплении урожайности первого клубневого поколения в сооружениях защищенного грунта доля влияния фактора «Сорт» составила 32,1 %, фактора «Густота» – 24,5 %. Влияние факторов «Удобрения» и «Технология» незначительно отличалось друг от друга и находилось на уровне 9,6 и 10,1 %. Наиболее существенную долю влияния оказало взаимодействие факторов «Сорт\*Удобрение» – 5,6 % и совместное влияние всех четырех условий – 3,6 %. Следовательно, при получении первого клубневого поколения подбор технологии и густоты посадки должен предполагать получение максимального коэффициента размножения и наибольшего количественного выхода клубней для каждого сорта, с учетом взаимодействия всех изученных факторов. Так, например, при необходимости получения максимального коэффициента размножения – 5,5–5,7 – рекомендуется посадка растений плотностью 20 растений/м<sup>2</sup> при ширине междурядий 45 см с формированием гребня.

Таким образом, если целью является наибольший количественный выход клубней, следует применять широкорядную технологию (45 см) с гребнем и густотой посадки 40 см. В зависимости от возделываемого сорта необходимо подбирать некорневые подкормки соответствующими микроудобрениями. На сортах Манифест и Вектар наиболее агрономически эффективным оказалось удобрение Нутривант Плюс картофельный

РАЗДЕЛ 5. СЕМЕНОВОДСТВО КАРТОФЕЛЯ

Таблица 1 – Влияние микроудобрений на количество клубней первого клубневого поколения сорта Манифест, 2015–2017 гг.

Ширина междурядий, см	Густота посадки, растений/м <sup>2</sup>	Удобрения	Всего, шт/м <sup>2</sup>	Прибавка к контролю		Окупаемость 1 кг (л) удобрений клубнями, шт.
				шт/м <sup>2</sup>	%	
33 без гребня	20	Без удобрений	91,8	–	–	–
		Наноплант Со, Мп, Су, Фе	110,3	18,6	20,3	37 167
		КомплеМет	124,6	32,8	35,8	65 667
		Лифдрип Универсал и Бор	112,5	20,8	22,6	25 938
		Нутривант Плюс	100,4	8,7	7,9	21 667
	30	Без удобрений	92,3	–	–	–
		Наноплант Со, Мп, Су, Фе	141,8	49,6	53,7	99 167
		КомплеМет	147,2	54,9	59,5	109 833
		Лифдрип Универсал и Бор	141,7	49,4	53,6	61 771
		Нутривант Плюс	145,9	53,7	58,2	134 167
	40	Без удобрений	97,3	–	–	–
		Наноплант Со, Мп, Су, Фе	161,9	64,7	66,5	129 333
		КомплеМет	179,6	82,3	84,7	164 667
		Лифдрип Универсал и Бор	157,8	60,5	62,2	75 625
		Нутривант Плюс	142,6	45,3	46,6	113 333
45 без гребня	20	Без удобрений	94,0	–	–	–
		Наноплант Со, Мп, Су, Фе	117,9	23,9	25,4	47 833
		КомплеМет	129,3	35,3	37,6	70 667
		Лифдрип Универсал и Бор	126,8	32,8	34,9	41 042
		Нутривант Плюс	139,3	45,3	48,1	113 125
	30	Без удобрений	102,3	–	–	–
		Наноплант Со, Мп, Су, Фе	149,0	46,7	45,6	93 333
		КомплеМет	171,8	69,5	67,9	139 000
		Лифдрип Универсал и Бор	159,2	56,8	55,5	71 042
		Нутривант Плюс	176,8	74,4	72,7	186 042
	40	Без удобрений	114,0	–	–	–
		Наноплант Со, Мп, Су, Фе	194,3	80,3	70,4	160 500
		КомплеМет	180,9	66,9	58,7	133 833
		Лифдрип Универсал и Бор	189,8	75,8	66,5	94 792
		Нутривант Плюс	184,2	70,2	61,5	175 417
45 с гребнем	20	Без удобрений	99,9	–	–	–
		Наноплант Со, Мп, Су, Фе	144,1	44,2	44,2	88 333
		КомплеМет	127,8	27,8	27,9	55 667
		Лифдрип Универсал и Бор	143,7	43,8	43,8	54 688
		Нутривант Плюс	142,3	42,3	42,4	105 833
	30	Без удобрений	119,0	–	–	–
		Наноплант Со, Мп, Су, Фе	182,6	63,6	53,4	127 167
		КомплеМет	166,1	47,1	39,6	94 167
		Лифдрип Универсал и Бор	178,4	59,4	49,9	74 271
		Нутривант Плюс	169,0	50,0	42,0	125 000
	40	Без удобрений	123,6	–	–	–
		Наноплант Со, Мп, Су, Фе	199,2	75,6	61,2	151 167
		КомплеМет	192,5	68,9	55,8	137 833
		Лифдрип Универсал и Бор	193,1	69,5	56,2	86 875
		Нутривант Плюс	214,2	90,6	73,3	226 458

РАЗДЕЛ 5. СЕМЕНОВОДСТВО КАРТОФЕЛЯ

Таблица 2 – Влияние микроудобрений на количество клубней первого клубневого поколения сорта Скарб, 2015–2017 гг.

Ширина междурядий, см	Густота посадки, растений/м <sup>2</sup>	Удобрения	Всего, шт/м <sup>2</sup>	Прибавка к контролю		Окупаемость 1 кг (л) удобрений клубнями, шт.
				шт/м <sup>2</sup>	%	
33 без гребня	20	Без удобрений	68,7	–	–	–
		Наноплант Со, Мп, Cu, Fe	57,7	–	–	–
		КомплеМет	64,2	–	–	–
		Лифдрип Универсал и Бор	70,1	1,4	2,1	1 771
		Нутривант Плюс	69,4	0,8	1,3	1 875
	30	Без удобрений	76,8	–	–	–
		Наноплант Со, Мп, Cu, Fe	95,4	18,7	24,3	37 333
		КомплеМет	95,8	19,1	24,9	38 167
		Лифдрип Универсал и Бор	80,3	3,5	4,6	4 375
		Нутривант Плюс	78,1	1,3	1,7	3 333
	40	Без удобрений	92,9	–	–	–
		Наноплант Со, Мп, Cu, Fe	107,3	14,4	15,5	28 833
		КомплеМет	122,0	29,1	31,3	58 167
		Лифдрип Универсал и Бор	110,3	17,3	18,7	21 667
		Нутривант Плюс	125,8	32,8	35,3	82 083
45 без гребня	20	Без удобрений	77,6	–	–	–
		Наноплант Со, Мп, Cu, Fe	101,4	23,8	30,7	47 667
		КомплеМет	73,3	–4,3	–5,5	–
		Лифдрип Универсал и Бор	80,3	2,7	3,4	3 333
		Нутривант Плюс	88,4	10,8	14,0	27 083
	30	Без удобрений	84,1	–	–	–
		Наноплант Со, Мп, Cu, Fe	140,3	56,2	66,8	112 333
		КомплеМет	116,5	32,4	38,6	64 833
		Лифдрип Универсал и Бор	109,5	25,4	30,2	31 771
		Нутривант Плюс	107,6	23,5	27,9	58 750
	40	Без удобрений	104,1	–	–	–
		Наноплант Со, Мп, Cu, Fe	146,3	42,2	40,5	84 333
		КомплеМет	145,1	41,0	39,4	82 000
		Лифдрип Универсал и Бор	125,8	21,8	20,9	27 188
		Нутривант Плюс	153,0	48,9	47,0	122 292
45 с гребнем	20	Без удобрений	89,4	–	–	–
		Наноплант Со, Мп, Cu, Fe	106,4	17,0	19,0	34 000
		КомплеМет	101,8	12,3	13,8	24 667
		Лифдрип Универсал и Бор	94,3	4,8	5,4	6 062
		Нутривант Плюс	99,3	9,9	11,1	24 792
	30	Без удобрений	95,3	–	–	–
		Наноплант Со, Мп, Cu, Fe	138,6	43,3	45,5	86 667
		КомплеМет	136,3	41,0	43,0	82 000
		Лифдрип Универсал и Бор	115,6	20,3	21,3	25 417
		Нутривант Плюс	116,2	20,9	22,0	52 292
	40	Без удобрений	113,5	–	–	–
		Наноплант Со, Мп, Cu, Fe	143,8	30,3	26,7	60 667
		КомплеМет	133,3	19,8	17,4	39 500
		Лифдрип Универсал и Бор	137,0	23,5	20,7	29 375
		Нутривант Плюс	141,6	28,1	24,7	70 208

РАЗДЕЛ 5. СЕМЕНОВОДСТВО КАРТОФЕЛЯ

Таблица 3 – Влияние микроудобрений на количество клубней первого клубневого поколения сорта Вектар, 2015–2017 гг.

Ширина междурядий, см	Густота посадки, растений/м <sup>2</sup>	Удобрения	Всего, шт/м <sup>2</sup>	Прибавка к контролю		Окупаемость 1 кг (л) удобрений клубнями, шт.
				шт/м <sup>2</sup>	%	
33 без гребня	20	Без удобрений	82,0	–	–	–
		Наноплант Со, Мп, Су, Fe	72,3	–9,7	–11,8	–
		КомплеМет	63,4	–18,6	–22,7	–
		Лифдрип Универсал и Бор	53,1	–28,9	–35,3	–
		Нутривант Плюс	53,9	–28,1	–38,8	–
	30	Без удобрений	90,7	–	–	–
		Наноплант Со, Мп, Су, Fe	82,7	–8,0	–8,8	–
		КомплеМет	77,8	–12,9	–14,2	–
		Лифдрип Универсал и Бор	70,0	–20,7	–22,8	–
	40	Нутривант Плюс	77,6	–13,1	–14,4	–
		Без удобрений	95,2	–	–	–
		Наноплант Со, Мп, Су, Fe	112,1	16,9	17,8	16 917
КомплеМет		105,3	10,2	10,7	20 333	
45 без гребня	20	Лифдрип Универсал и Бор	100,3	5,2	5,4	7 381
		Нутривант Плюс	81,8	–13,3	–14,0	–
		Без удобрений	63,6	–	–	–
		Наноплант Со, Мп, Су, Fe	71,5	7,9	12,5	7917
	30	КомплеМет	77,1	13,5	21,2	27 000
		Лифдрип Универсал и Бор	71,9	8,3	13,1	11 905
		Нутривант Плюс	63,7	0,1	0,1	417
		Без удобрений	78,2	–	–	–
	40	Наноплант Со, Мп, Су, Fe	101,3	23,2	29,6	23 167
		КомплеМет	104,4	26,3	33,6	52 500
		Лифдрип Универсал и Бор	109,7	31,5	40,3	45 000
		Нутривант Плюс	81,5	3,3	4,3	16 667
45 с гребнем	20	Без удобрений	101,8	–	–	–
		Наноплант Со, Мп, Су, Fe	137,2	35,3	34,7	35 333
		КомплеМет	141,3	39,4	38,7	78 833
		Лифдрип Универсал и Бор	127,2	25,3	24,9	36 190
	30	Нутривант Плюс	119,7	17,8	17,5	89 167
		Без удобрений	73,1	–	–	–
		Наноплант Со, Мп, Су, Fe	91,3	18,3	25,0	18 250
		КомплеМет	110,5	37,4	51,2	74 833
	40	Лифдрип Универсал и Бор	93,5	20,4	27,9	29 167
		Нутривант Плюс	92,3	19,2	26,2	95 833
		Без удобрений	85,2	–	–	–
		Наноплант Со, Мп, Су, Fe	106,3	21,2	24,9	21 167
30	КомплеМет	103,0	17,8	20,9	35 667	
	Лифдрип Универсал и Бор	118,9	33,8	39,6	48 214	
	Нутривант Плюс	120,1	34,9	41,0	174 583	
	Без удобрений	91,3	–	–	–	
40	Наноплант Со, Мп, Су, Fe	116,1	24,8	27,1	24 750	
	КомплеМет	142,7	51,3	56,2	102 667	
	Лифдрип Универсал и Бор	134,9	43,6	47,7	62 262	
	Нутривант Плюс	156,7	65,3	71,5	326 667	



при густоте посадки 40 растений/м<sup>2</sup> с шириной междурядий 45 см с гребнем, окупаемость 1 кг которого составила 226,5 тыс. клубней у сорта Манифест и 326,7 тыс. клубней – у сорта Вектар. У сорта Скарб также наибольшим количеством клубней на 1 кг удобрения окупился Нутривант Плюс при максимальных густоте растений и ширине междурядий, но при безгребневой посадке – 122,3 тыс. клубней.

Совокупное влияние изучаемых факторов значительно увеличивает урожайные свойства сортов картофеля Манифест, Скарб и Вектар, тем самым повышает эффективность оригинального семеноводства в условиях защищенного грунта.

#### Список литературы

1. Агрохимия / И. Р. Вильдфлуш [и др.]. – Минск : Ураджай, 1995. – 172 с.
2. Анспок, П. И. Микроудобрения : справочник / П. И. Анспок. – Л. : Агропромиздат, 1990. – 272 с.
3. Продуктивность картофеля и применение различных систем удобрений в сберегающем и биологизированном земледелии / Л. С. Федотова [и др.] // Научное обеспечение и инновационное развитие картофелеводства : материалы науч.-практ. конф. и коорд. совещания / Рос. акад. с.-х. наук, Всерос. НИИ картоф. хоз-ва ; под ред. Е. А. Симакова. – М., 2008. – Т. 2. – С. 143–150.
4. Надежкин, С. М. Урожайность и качество картофеля при использовании комплексов металлов в сочетании с другими агроприемами на торфяных почвах : автореф. дис... канд. с.-х. наук : 06.01.09 / С. М. Надежкин ; Рос. акад. с.-х. наук, НПО по картофелеводству. – М., 1992. – 23 с.
5. Головин, Ю. И. Наномир без формул / Ю. И. Головин. – М. : Бином, 2012. – 543 с.
6. Алфимова, М. М. Занимательные нанотехнологии / М. М. Алфимова. – М. : Бином, 2011. – 96 с.
7. Богдевич, И. М. Некорневые подкормки сельскохозяйственных культур марганцем / И. М. Богдевич, М. В. Рак, Г. М. Сафроновская // Междунар. аграр. журн. – 2001. – № 5. – С. 17.
8. Методика определения агрономической и экономической эффективности минеральных и органических удобрений / И. М. Богдевич [и др.] ; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2010. – 24 с.

Поступила в редакцию 18.01.2021 г.

V. V. ANTSEPOVICH, N. A. ANTSEPOVICH, V. A. KOZLOV,  
A. I. POPKOVICH, V. L. MAHANKO

### EFFECTIVENESS OF FOLIAGE SPRAYING, DENSITY AND PLANTING SCHEMES IN PRODUCTION OF THE FIRST TUBER GENERATION OF POTATOES IN STRUCTURES OF PROTECTED GROUND

#### SUMMARY

*The influence of foliar spraying with microfertilizers, planting density and cultivation methods on potatoes yield in protected ground structures is studied. The agronomic efficiency of microfertilizers for growing minitubers of different groups of ripeness is presented.*

*Key words:* potatoes, variety, protected ground, potatoes minitubers, Nanoplant Co, Mn, Cu, Fe, CompleMet, Lifdrip Universal, Lifdrip Bor, Nutrivant Plus, microelements, Belarus.

УДК 635.21:631.53.01

<https://doi.org/10.47612/0134-9740-2020-28-146-152>**В. В. Анципович, Н. А. Анципович, А. И. Попкович,  
О. И. Бобкова, Т. В. Ярошкина**

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук  
Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»,  
аг. Самохваловичи, Минский район  
E-mail: semena\_bulba@tut.by

## **ВЛИЯНИЕ НЕКОРНЕВЫХ ПОДКОРМОК НАНО- И МИКРОУДОБРЕНИЯМИ НА КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ ВЫХОД КЛУБНЕЙ В ПЕРВОМ КЛУБНЕВОМ ПОКОЛЕНИИ**

### **РЕЗЮМЕ**

*В статье приведены результаты исследований влияния некорневых подкормок на урожайность растений картофеля в первом клубневом поколении в сооружениях защищенного грунта. Установлено, что для сортов ранней и средней групп спелости двукратная обработка препаратом Наноплант Со, Мп, Си, Фе в период вегетации дала существенную прибавку урожая. Растения картофеля среднепоздней группы в сооружениях защищенного грунта хорошо отозвались на некорневые подкормки микроудобрением Нутривант Плюс.*

*Ключевые слова:* картофель, сорт, мини-клубни картофеля, Наноплант Со, Мп, Си, Фе, Нутривант Плюс, Экогум Си + Экогум Р, препарат Зеребра Агро, микроэлементы, Беларусь.

### **ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время большинство организаций, занимающихся первичным семеноводством картофеля, переходят на современные методы массового получения исходного оригинального материала в виде безвирусных мини-клубней, с применением биотехнологических методов оздоровления от вирусных и прочих инфекций [1–4].

Потребность в исходном материале (мини-клубни) велика, а себестоимость производства пока еще довольно высока. Этап получения мини-клубней очень затратный. Повышение его эффективности и снижение себестоимости продукции в значительной степени определяют результативность семеноводства в целом [5, 6].

Обычно выращивание мини-клубней в сооружениях защищенного грунта проводится в горшках, на стеллажах либо просто в насыпной торфокрошке с одновременной уборкой урожая в конце вегетации. Традиционные подходы ориентированы на получение наибольшего выхода клубней с квадратного метра теплиц за счет максимальной густоты посадок. При этом сбор клубней с 1 растения невелик: обычно 3–5 шт., очень редко 8 шт. При высоких затратах на посадочный материал (безвирусные микро-растения) сбор клубней даже в лучших случаях не превышает 70–100 шт/м<sup>2</sup>.

Повышение эффективности технологии получения мини-клубней картофеля и сохранение эффекта оздоровления являются чрезвычайно актуальными задачами семеноводства.

В настоящее время возросла вредоносность многих хорошо известных заболеваний – фитофтороза, альтернариоза, всех видов парши, черной ножки. Их развитие

приводит не только к снижению урожая, но и к потере товарных и сортовых качеств картофеля, регламентируемых нормативными документами. Инфекционное начало этих болезней в межвегетационный период сохраняется на клубнях, а некоторых из них – в почве. При условии выращивания картофеля в севообороте, научно обоснованном подборе почв и использовании качественного семенного материала развитие почвенной и клубневой инфекции значительно снижается.

Одним из способов уменьшения распространения фитоинфекции является проведение мероприятий, направленных на повышение иммунитета растений путем внесения микроэлементов.

Для нормального роста и развития растениям необходимы определенные химические элементы. Одни вещества поглощаются растениями в большей степени на протяжении всего цикла вегетации картофеля, другие – нужны в меньшем количестве и в определенные фазы роста. Протекание физиологических процессов и формирование урожая клубней невозможно без мезо- и микроэлементов. К первым относят серу, кальций и магний, накопление которых исчисляется в органах растений килограммами на тонну продукции. Наиболее важные микроэлементы – железо, медь, цинк, бор, марганец, молибден и кобальт. Несмотря на то что они необходимы в микроколичествах, каждый из них незаменим и играет свою роль. Применение некорневых подкормок микроудобрениями позволяет восполнить в полном объеме количество данных элементов питания [2, 3].

Листовая подкормка является идеальным способом стимуляции физиологических процессов в растениях, ответственных за повышение качества урожая, увеличение устойчивости растений к вредителям и заболеваниям.

В конце XIX в. благодаря исследованиям швейцарского ботаника Карла Негеля было установлено антимикробное действие ионов серебра. Кроме того, серебро необходимо для нормального функционирования всех органов и его роль как микроэлемента очень важна. Группой сотрудников химического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова и группы компаний «АгроХимПром» разработана технология производства препарата Зеребра Агро, действующим веществом которого является коллоидное серебро + полигексаметиленбигуанид гидрохлорид. Данный препарат способствует профилактике грибных и бактериальных заболеваний растений, укреплению иммунной системы, продуктивному росту и развитию растений, повышению качества и прибавке урожайности. Наночастицы серебра, содержащиеся в препарате Зеребра Агро, увеличивают в тканях растений концентрацию ауксинов, которые являются гормонами роста.

При некорневых подкормках наноудобрениями происходит воздействие непосредственно на листовую пластину, что ведет к увеличению количества и площади листьев, возрастает число продуктивных стеблей, стимулируется обильное цветение, активизируются синтез и отток питательных и биологически активных веществ из листа в плоды и в корневую зону, укрепляется иммунная система и увеличивается урожайность (в среднем в 1,5–2,0 раза) [7].

Основное преимущество удобрения Нутривант Плюс – наличие специального компонента Фертиванта. Он представляет собой уникальную формулу, которая позволяет компонентам препарата закрепляться на листовой пластине в виде пленки. Действие средства становится более пролонгированным, и необходимость в его использовании снижается в несколько раз. Кроме того, действующие вещества защищены от смывания водой и дождями. Они продолжают усваиваться в течение 30 дней даже при влажной погоде.

Микроудобрения Экогум Су и Экогум Р – это гуминовые удобрения нового поколения с повышенной способностью проникновения в клеточные мембраны и большей физиологической активностью по сравнению с аналогами. Гуминовые и фульвокислоты, входящие в состав препаратов, оказывают непосредственное влияние на клеточные оболочки, повышая их проницаемость и транспорт минеральных соединений в листья и клубни.

Разработка мероприятий, направленных на контроль и снижение уровня накопления вирусной, виroidной и бактериальной инфекции, с использованием современных биотехнологических, биохимических и агротехнических методов для получения качественного здорового семенного материала картофеля не теряет своей актуальности и по-прежнему остается главной целью семеноводства картофеля.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Исследования проводились в 2019–2020 гг. в сооружениях защищенного грунта ОПО «Николка» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству».

Объектом исследований являлись растения сортов картофеля различных групп спелости: Манифест (среднеранний), Скарб (среднеспелый) и Вектар (среднепоздний).

Схема опыта следующая:

1. Контроль – без обработки;
2. Двукратная обработка посадок микроудобрением Нутривант Плюс (2 кг/га);
3. Двукратная обработка посадок препаратом Наноплант Со, Мн, Су, Fe (0,1 л/га);
4. Двукратная обработка посадок микроудобрениями Экогум Су + Экогум Р (2 + 2 л/га);
5. Двукратная обработка посадок препаратом Зеребра Агро (0,1 л/га).

Растения контрольного и опытных вариантов высадили в условия защищенного грунта для получения первого клубневого поколения. Повторность опытов четырехкратная, плотность посадки – 30 растений/м<sup>2</sup>, размещение деленок рендомизированное.

В течение вегетационного периода выполняли комплекс мероприятий: систематическое рыхление и окучивание, полив по мере высыхания субстрата, обработка против колорадского жука и тли, фитофтороза. Были также проведены фенологические наблюдения, учеты вирусных болезней (визуально и методом ИФА), продуктивности растений.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В результате фенологических наблюдений существенных различий между вариантами не выявлено.

В 2020 г. урожайность контрольных образцов без некорневых подкормок составила: сорт Манифест – 68 шт/м<sup>2</sup>, Скарб – 91,8 и Вектар – 62 шт/м<sup>2</sup> (табл. 1). У среднераннего сорта Манифест существенная прибавка клубней была отмечена в вариантах с обработками препаратами Экогум Су + Экогум Р (2 + 2 кг/га) и Наноплант Со, Мн, Су, Fe (0,1 + 0,1 л/га) – 49,6 и 64 % к контролю соответственно, количество клубней – 101,8 и 111,5 шт/м<sup>2</sup>. В вариантах среднеспелого сорта Скарб обработки препаратом Наноплант Со, Мн, Су, Fe положительно сказались на количестве клубней с 1 м<sup>2</sup> и прибавка урожая составила 44,9 %. В остальных вариантах урожайность варьировала в пределах ошибки опыта. У среднепозднего сорта Вектар в 2020 г. урожайность во всех вариантах находилась на уровне контроля.

РАЗДЕЛ 5. СЕМЕНОВОДСТВО КАРТОФЕЛЯ

Таблица 1 – Урожайность сортов картофеля в зависимости от обработок микроудобрениями и препаратом Зеребра Агро, 2020 г.

Вариант	Всего, шт/м <sup>2</sup>	Прибавка урожая	
		шт/м <sup>2</sup>	% к контролю
<b>Манифест</b>			
Контроль – без обработки	68,0	–	–
Нутривант Плюс (2 + 2 кг/га)	85,8	17,8	26,1
Наноплант Со, Мп, Си, Фе (0,1 + 0,1 л/га)	111,5	43,5	64,0
Экогум Си + Экогум Р (2 + 2 л/га)	101,8	33,8	49,6
Зеребра Агро (0,1 + 0,1 л/га)	80,5	12,5	18,4
<b>НСР<sub>0,05</sub></b>	<b>30,8</b>		
<b>Скарб</b>			
Контроль – без обработки	91,8	–	–
Нутривант Плюс (2 + 2 кг/га)	112,0	20,2	22,0
Наноплант Со, Мп, Си, Фе (0,1 + 0,1 л/га)	133,0	41,2	44,9
Экогум Си + Экогум Р (2 + 2 л/га)	104,5	12,7	13,8
Зеребра Агро (0,1 + 0,1 л/га)	102,0	10,2	11,1
<b>НСР<sub>0,05</sub></b>	<b>31,4</b>		
<b>Вектар</b>			
Контроль – без обработки	62,0	–	–
Нутривант Плюс (2 + 2 кг/га)	64,5	2,5	4,0
Наноплант Со, Мп, Си, Фе (0,1 + 0,1 л/га)	68,8	6,8	10,9
Экогум Си + Экогум Р (2 + 2 л/га)	62,0	0,0	0,0
Зеребра Агро (0,1 + 0,1 л/га)	68,0	6,0	9,7
<b>НСР<sub>0,05</sub></b>	<b>16,3</b>		

Результаты испытаний за двухлетний период (2019–2020 гг.) свидетельствуют, что применение микроудобрения Наноплант Со, Мп, Си, Фе у сортов Манифест и Скарб обеспечило прибавку урожайности от 35 до 45 % (табл. 2). Применение Нутривант Плюс у сортов Манифест и Вектар за данный период способствовало увеличению количества клубней с 1 м<sup>2</sup> на 19,6–28,0 %. Для среднераннего сорта Манифест следует отметить вариант с применением Экогум Си + Экогум Р, при котором количество клубней с 1 м<sup>2</sup> в среднем за два года было на 22,8 % больше по сравнению с контролем.

В структуре урожая в 2019–2020 гг. у сорта Манифест преобладала стандартная фракция 30–60 мм – более 60 % от общего урожая (табл. 3). В варианте с препаратом

Таблица 2 – Урожайность сортов картофеля в зависимости от обработок микроудобрениями и препаратом Зеребра Агро, 2019–2020 гг.

Вариант	Всего, шт/м <sup>2</sup>			Прибавка урожая	
	2019 г.	2020 г.	среднее за 2 года	шт/м <sup>2</sup>	% к контролю
<b>Манифест</b>					
Контроль – без обработки	152,8	68,0	110,4	–	–
Нутривант Плюс (2 + 2 кг/га)	178,3	85,8	132,0	21,6	19,6
Наноплант Со, Мп, Си, Фе (0,1 + 0,1 л/га)	187,3	111,5	149,4	39,0	35,3
Экогум Си + Экогум Р (2 + 2 л/га)	169,3	101,8	135,5	25,1	22,8
Зеребра Агро (0,1 + 0,1 л/га)	132,0	80,5	106,3	–	–
<b>НСР<sub>0,05</sub></b>	<b>29,3</b>	<b>30,8</b>			
<b>Скарб</b>					
Контроль – без обработки	127,5	91,8	109,6	–	–
Нутривант Плюс (2 + 2 кг/га)	139,5	112,0	125,8	16,2	14,7

РАЗДЕЛ 5. СЕМЕНОВОДСТВО КАРТОФЕЛЯ

Окончание таблицы 2

Вариант	Всего, шт/м <sup>2</sup>			Прибавка урожая	
	2019 г.	2020 г.	среднее за 2 года	шт/м <sup>2</sup>	% к контролю
Наноплант Со, Мп, Си, Фе (0,1 + 0,1 л/га)	185,3	133,0	159,2	49,6	45,2
Экогум Си + Экогум Р (2 + 2 л/га)	123,3	104,5	113,9	4,3	3,9
Зеребра Агро (0,1 + 0,1 л/га)	144,5	102,0	123,3	13,7	12,5
<b>НСР<sub>0,05</sub></b>	<b>35,9</b>	<b>31,4</b>			
<b>Вектар</b>					
Контроль – без обработки	125,3	62,0	93,7	–	–
Нутривант Плюс (2 + 2 кг/га)	175,3	64,5	119,9	26,2	28,0
Наноплант Со, Мп, Си, Фе (0,1 + 0,1 л/га)	119,0	68,8	93,9	0,2	0,2
Экогум Си + Экогум Р (2 + 2 л/га)	117,8	62,0	89,9	–	–
Зеребра Агро (0,1 + 0,1 л/га)	99,5	68,0	83,8	–	–
<b>НСР<sub>0,05</sub></b>	<b>27,5</b>	<b>16,3</b>			

Таблица 3 – Продуктивность и структура урожая сортов картофеля в зависимости от обработок микроудобрениями и препаратами, 2019–2020 гг.

Вариант	Число клубней, %			Всего, шт/м <sup>2</sup>	Вес клубней, кг/м <sup>2</sup>	Коэффициент размножения
	≤ 30мм	30–60 мм	≥ 60мм			
<b>Манifest</b>						
Контроль – без обработки	39,63	60,04	0,33	110,38	2,11	3,7
Нутривант Плюс (2 + 2 кг/га)	37,03	62,48	0,49	132,00	3,06	4,4
Наноплант Со, Мп, Си, Фе (0,1 + 0,1 л/га)	38,08	61,05	0,87	149,38	3,12	5,0
Экогум Си + Экогум Р (2 + 2 л/га)	38,52	60,10	1,38	135,50	2,86	4,5
Зеребра Агро (0,1 + 0,1 л/га)	39,44	60,28	0,28	106,25	1,92	3,5
<b>Скарб</b>						
Контроль – без обработки	56,23	43,77	0,00	109,63	1,89	3,7
Нутривант Плюс (2 + 2 кг/га)	32,50	66,43	1,07	125,75	3,09	4,2
Наноплант Со, Мп, Си, Фе (0,1 + 0,1 л/га)	32,58	65,76	1,66	159,13	4,42	5,3
Экогум Си + Экогум Р (2 + 2 л/га)	27,59	69,33	3,08	113,88	3,99	3,8
Зеребра Агро (0,1 + 0,1 л/га)	30,49	67,56	1,95	123,25	3,71	4,1
<b>Вектар</b>						
Контроль	61,42	38,58	0,00	93,63	1,69	3,1
Нутривант Плюс (2 + 2 кг/га)	42,18	57,36	0,46	119,88	2,61	4,0
Наноплант Со, Мп, Си, Фе (0,1 + 0,1 л/га)	44,06	55,02	0,92	93,88	2,60	3,1
Экогум Си + Экогум Р (2 + 2 л/га)	39,73	59,53	0,74	89,88	2,32	3,0
Зеребра Агро (0,1 + 0,1 л/га)	41,59	57,36	1,05	83,75	1,96	2,8

Наноплант Со, Мп, Си, Фе (0,1 + 0,1 л/га) коэффициент размножения составил 5 с количеством клубней 149,4 шт/м<sup>2</sup>.

Более 56 % мелкой фракции преобладало в контроле сорта Скарб, во всех остальных вариантах доминировала стандартная семенная фракция 30–60 мм (более 65 %). Максимальное количество клубней для данного сорта 159,1 шт/м<sup>2</sup> с коэффициентом размножения 5,3 при весе 4,42 кг/м<sup>2</sup> было отмечено в варианте с обработками белорусским наноудобрением Наноплант Со, Мп, Си, Фе (0,1 + 0,1 л/га).

Среднепоздний сорт Вектар положительно отозвался на некорневую подкормку Нутривант Плюс (2 + 2 кг/га) в период вегетации. Коэффициент размножения в данном варианте составил 4, количество клубней – 119,8 шт/м<sup>2</sup> с преобладанием стандартной фракции 30–60 мм в структуре урожая.

Из всех исследуемых сортов у Вектара был самый низкий коэффициент размножения 2,8 в варианте с препаратом Зеребра Агро (0,1 + 0,1 л/га).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для ранней и средней групп спелости картофеля в сооружениях защищенного грунта при проведении некорневых подкормок следует выделить препарат Наноплант Со, Мп, Си, Фе, двукратная обработка которым в период вегетации дала существенную прибавку урожая. У среднепоздней группы растения картофеля хорошо отозвались на внекорневые подкормки микроудобрением Нутривант Плюс.

## Список литературы

1. Зернов, В. Н. Развитие и анализ технологического и технического обеспечения производства мини-клубней, выращиваемых в условиях вегетационных сооружений / В. Н. Зернов, А. Г. Пономарев, З. Т. Абрамов // II Инновационное развитие АПК России на базе интеллектуальных технологий : сб. докл. Междунар. науч.-техн. конф. – М. : ВИМ, 2014. – С. 149–153.
2. Способ интенсивного получения клубней картофеля при малообъемном использовании субстратов / Б. А. Писарев [и др.] // Вопр. картофелеводства : науч. тр. ВНИИ картоф. хоз-ва. – М., 1994. – С. 120–126.
3. Современные технологии и специальная техника для картофелеводства / А. Ю. Измайлов [и др.] // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2015. – № 2. – С. 45–48.
4. Современные технологии и специальная техника для картофелеводства (продолжение) / А. Ю. Измайлов [и др.] // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2015. – № 3. – С. 43–47.
5. Сорокин, А. А. Методы сепарации клубней картофеля на тяжелых влажных почвах / А. А. Сорокин, А. Г. Пономарев // Тракторы и сельхозмашины. – 2007. – № 2. – С. 28–31.
6. Мартиросян, Ю. Ц. Новые технологии в производстве оздоровленного семенного картофеля / Ю. Ц. Мартиросян, В. В. Мартиросян, В. Н. Зернов // Аграрный вопрос. – 2012. – № 5 (37). – С. 18–19.
7. Влияние наноудобрения Наноплант Со, Мп, Си, Фе на продуктивность растений картофеля в условиях аэропоники / З. А. Семенова [и др.] // Картофелеводство : сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по картофелеводству и плодово-овощеводству ; редкол.: С. А. Турко (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2016. – Т. 24. – С. 376–382.

Поступила в редакцию 18.01.2021 г.

V. V. ANTSIPOVICH, N. A. ANTSIPOVICH, A. I. POPKOVICH,  
O. I. BOBKOVA, T. V. YAROSHKINA

**INFLUENCE OF TOP DRESSING OF NANO- AND MICRO-  
NUTRIENT ON QUANTITATIVE YIELD OF TUBERS  
IN THE FIRST TUBER GENERATION**

**SUMMARY**

*The research results of the effect of top dressing on the potatoes plants yield in the first tuber generation in the protected ground are presented in the article. It was found that for the early and middle ripeness groups, two-fold treatment with the preparation Nanoplant Co, Mn, Cu, Fe during the vegetation period gave a significant increase in the yield. In the middle-late group, plants in construction of protected ground responded well to top dressing with microfertilizers Nutrivant Plus.*

*Key words:* potatoes, variety, potatoes mini-tubers, Nanoplant Co, Mn, Cu, Fe, Nutrivant Plus Ecogum Cu + Ecogum P, Zerebra Agro preparation, microelements, Belarus.



УДК 235.61:632.38

<https://doi.org/10.47612/0134-9740-2020-28-153-159>**В. А. Козлов, Н. В. Русецкий, А. В. Чашинский, И. А. Михалькович**

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук  
Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»,  
аг. Самохваловичи, Минский район  
E-mail: genetiks@belbulba.by

## **ИЗУЧЕНИЕ РАСПРОСТРАНЕННОСТИ И СТРУКТУРЫ ПОПУЛЯЦИЙ ВИРУСНЫХ БОЛЕЗНЕЙ КАРТОФЕЛЯ В МИНСКОЙ ОБЛАСТИ**

### **РЕЗЮМЕ**

*Приведены результаты изучения распространенности и структуры популяций вирусных болезней картофеля в 6 основных картофелеводческих районах Минской области. Относительно благоприятная вирусологическая ситуация на картофеле наблюдается в Минском районе. Наибольшее количество пораженных вирусами растений отмечено в Слуцком районе. Выделены хозяйства, наиболее подходящие для ведения элитного семеноводства картофеля: в Пуховичском районе – РСДУП «Экспериментальная база «Зазерье», в Молодечненском – К(Ф)Х «Пакуша», в Минском – Государственное предприятие «Восход», в Любанском районе – Сельскохозяйственное управление «Загальский» ОАО «Манид».*

*Ключевые слова:* картофель, сорт, вирусные болезни, репродукция, ИФА, Минская область, Беларусь.

### **ВВЕДЕНИЕ**

К настоящему времени в мире известно около 30 вирусов картофеля. В Республике Беларусь повсеместно распространены вирусы X (PVX), Y (PVY), M (PVM), L (PLRV) и S (PVS). Ограниченное распространение имеют вирусы A (PVA), F (PAMV), вирус метельчатости верхушки картофеля, или моп-топ вирус (PMTV), вирус черной пятнистости томатов (TBRV), вирус мозаики люцерны, или калико (AMV), вирус пестростебельности картофеля, или раттл-вирус (TRV) [1]. Вредоносность вирусных болезней при этом достигает 70–85 %. Каждый дополнительный процент поражения тяжелыми формами вирусных болезней (YBK, ВСЛК, АВК) посадок картофеля приводит к снижению урожайности клубней на 0,5–0,6 % [2].

Внешнее проявление поражения отдельными вирусами подразделяют на следующие симптомы: морщинистая мозаика, полосчатая мозаика, обыкновенная мозаика, крапчатость, мозаичное закручивание листьев, скручивание листьев, аукуба-мозаика и складчатая мозаика. Проявление заболевания зависит от вида вируса, штамма, наличия смешанной инфекции, реакции генотипа растения-хозяина на заражение, а также от влияния факторов внешней среды (условий почвенного питания, температуры, влажности, освещенности и др.).

По внешним симптомам бывает весьма трудно установить, каким конкретно вирусом поражено растение, так как во многих случаях восприимчивые к нескольким вирусам растения поражены смешанной вирусной инфекцией, симптомы при которой могут варьировать в широких пределах. Особую опасность представляет латентная

форма инфекции, при которой у растения – носителя вируса нет внешних признаков заболевания. Посадка картофеля такими клубнями приводит к потере в последующих репродуктивных поколениях до 75–85 % урожая и снижению крахмала в клубнях до 4 %. Поэтому визуальная диагностика служит лишь предварительным основанием для установления типа заболевания. Выявление же конкретного возбудителя болезни и отбор здорового семенного материала необходимо осуществлять более достоверными методами ИФА или ПЦР.

Для возбудителей вирусной этиологии характерен очень большой диапазон изменчивости. Видовой и штаммовый состав вирусов значительно изменился под влиянием условий внешней среды, а также в результате интродукции и селекции новых сортов картофеля. Значительную роль в этом процессе играет проникновение с семенным и селекционным материалом с других регионов новых конкурентоспособных патогенов. Поэтому необходим постоянный мониторинг вирусных болезней и изучение их возбудителей.

Целью работы являлось изучение распространенности и структуры популяций вирусных болезней в посадках картофеля Минской области.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Материалом для исследований служили посадки картофеля различных категорий хозяйств 6 районов Минской области: Минского, Молодечненского, Пуховичского, Копыльского, Слуцкого и Любанского. Оценка состояния посадок картофеля проводили в 2020 г. в период бутонизации – цветения визуально, по внешним симптомам вирусных болезней и методом иммуноферментного анализа. С каждого исследуемого участка отбиралось по 50 проб для выявления скрытой вирусной инфекции и дифференциации вирусов ХВК, УВК, СВК, МВК, ВСЛК, АВК. Из всех отобранных проб при помощи электромеханического пресса проведена экстракция сока в микропробирки объемом 1,5 мл, которые закладывали на хранение в морозильную камеру при температуре –18 °С. Анализ проб на наличие вирусной инфекции был осуществлен при помощи ИФА-метода, который выполнялся сотрудниками лаборатории иммунодиагностики картофеля РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству» в соответствии с инструкцией НПО по картофелеводству [3] и инструкциями фирм производителей наборов.

Визуальный учет вирусных болезней проводили согласно описанным в литературе симптомам вирусных болезней [4–6].

#### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

При визуальном обследовании посадок картофеля в Минской области были получены следующие результаты.

**В Пуховичском районе** обследованы поля РСДУП «Экспериментальная база «Зазерье», ЧСУП «Дукора-Агро» и частного сектора.

В РСДУП «Экспериментальная база «Зазерье» на сорте Вектар, 2-я репродукция, у 60 % растений выявлено мозаичное закручивание.

В ЧСУП «Дукора-Агро» на сорте Опал, элита, обнаружено 10 % растений с крапчатостью и 90 % – с мозаичным закручиванием. У сорта Вектар, элита, 80 % растений имели мозаичное закручивание, на сорте Бриз, элита, выявлено 20 % растений с крапчатостью и 50 % – с мозаичным закручиванием.

В частном секторе № 1 48 % растений имели обыкновенную мозаику, 4 – крапчатость и скручивание, 16 % – мозаичное закручивание.

В *частном секторе № 2* у 40 % растений выявлена обыкновенная мозаика, у 44 – мозаичное закручивание, у 8 – скручивание и у 4 % – крапчатость.

В *частном секторе № 3* 36 % растений имели мозаичное закручивание, 28 – обыкновенную мозаику, 8 – скручивание и 4 % – закручивание.

В **Молодечненском районе** обследованы поля К(Ф)Х «Лосевича», К(Ф)Х «Пакуша», ОАО «Восход-Агро», частного сектора.

В К(Ф)Х «Лосевича» на сорте Гала, 2-я репродукция, у 40 % растений выявлено мозаичное закручивание, у 16 – морщинистая мозаика, у 16 – скручивание и у 4 % – крапчатость. На сорте Ред Скарлетт, 3-я репродукция, выявлено 32 % растений с мозаичным закручиванием, 16 – со скручиванием и 8 % – с крапчатостью. На сорте Вега, 2-я репродукция, 40 % растений были с мозаичным закручиванием и по 4 % – со скручиванием и крапчатостью.

В К(Ф)Х «Пакуша» на сорте Вега, 1-я репродукция, 40 % растений были с мозаичным закручиванием, 30 % – имели крапчатость. На сорте Палац, 1-я репродукция, 70 % растений были с мозаичным закручиванием. Сорт Першацвет, элита, имел 50 % растений с мозаичным закручиванием и 20 % – со скручиванием. На сорте Кроне, 1-я репродукция, выявлено 30 % растений с обыкновенной мозаикой и по 4 % растений с мозаичным закручиванием и крапчатостью. Сорт Ривьера, 1-я репродукция, имел 30 % растений с мозаичным закручиванием. На сорте Инноватор, 1-я репродукция, выявлено 90 % растений с мозаичным закручиванием и 10 % – с крапчатостью.

В ОАО «Восход-Агро» на сорте Бриз, 3-я репродукция, 56 % растений были с мозаичным закручиванием, 8 – с крапчатостью и 4 % – со скручиванием.

В *частном секторе № 1* у 40 % растений выявлено мозаичное закручивание, у 28 – скручивание, у 8 – крапчатость и у 4 % – полосчатая мозаика.

В *частном секторе № 2* 40 % растений имели мозаичное закручивание, 12 – обыкновенную мозаику и по 8 % – полосчатую мозаику, скручивание и крапчатость.

В **Минском районе** обследованы поля ОАО «Щомыслица», Государственного предприятия «Восход», УП «Агрокомбинат «Ждановичи», частного сектора.

В *Государственном предприятии «Восход»* на сорте Манифест, суперэлита, обнаружено 20 % растений с мозаичным закручиванием. Сорт Бриз, 1-я репродукция, имел 30 % растений с мозаичным закручиванием и 10 % – с крапчатостью.

В ОАО «Щомыслица» на сорте Бриз, суперэлита, выявлено 20 % растений с мозаичным закручиванием. Сорт Скарб, суперэлита, насчитывал 30 % растений со скручиванием и 10 % – с крапчатостью.

В УП «Агрокомбинат «Ждановичи» на сорте Скарб, 2-я репродукция, отмечено 44 % растений с крапчатостью, 28 – с мозаичным закручиванием и 8 % – со скручиванием.

В *частном секторе № 1* 50 % растений были с крапчатостью, 30 % – с мозаичным закручиванием.

В *частном секторе № 2* 36 % растений имели мозаичное закручивание, 16 – скручивание и 8 % – крапчатость.

В **Любанском районе** обследованы поля ОАО «Осовец-Агро», КСУП «Экспериментальная база «Любанская», Сельскохозяйственного управления «Загальский» ОАО «Мапид», частного сектора.

В КСУП «Экспериментальная база «Любанская» на сорте Журавинка, 2-я репродукция, 100 % обследованных растений имели мозаичное закручивание.

В ОАО «Осовец-Агро» на сорте Уладар, 4-я репродукция, выявлено 60 % растений с мозаичным закручиванием. На сорте Манифест, элита, отмечено 30 % растений с мозаичным закручиванием. На сорте Вектар, 3-я репродукция, выявлено 70 % растений

с мозаичным закручиванием и 20 % – с обыкновенной мозаикой. Сорт Бриз, 4-я репродукция, имел 50 % растений с мозаичным закручиванием и 30 % – с крапчатостью.

В Сельскохозяйственном управлении «Загальский» ОАО «Мапид» на сорте Скарб, 3-я репродукция, отмечено 46 % растений с мозаичным закручиванием, 12 – с обыкновенной мозаикой, 8 – со скручиванием и по 4 % – с морщинистой мозаикой и крапчатостью.

В *частном секторе № 1* у 76 % растений отмечена обыкновенная мозаика и по 8 % имели мозаичное закручивание и полосчатую мозаику.

В *частном секторе № 2* 52 % растений имели мозаичное закручивание, 40 – обыкновенную мозаику и по 4 % – крапчатость и полосчатую мозаику.

В **Слуцком районе** обследованы поля филиала ПСХ «Наша нива» ОАО «Слуцкий мясокомбинат», Государственного предприятия «Совхоз «Рачковичи», СПК «Агрофирма «Лучники», частного сектора.

В *СПК «Агрофирма «Лучники»* на сорте Скарб, элита, выявлено 30 % растений со скручиванием, по 12 – с крапчатостью и мозаичным закручиванием и по 4 % – с морщинистой мозаикой и полосчатой мозаикой. На сорте Вектар, элита, отмечено 30 % растений с мозаичным закручиванием и по 4 % – со скручиванием и крапчатостью.

В *ПСХ «Наша нива» ОАО «Слуцкий мясокомбинат»* на сорте Скарб, 3-я репродукция, выявлено по 36 % растений с мозаичным закручиванием и скручиванием.

В *Государственном предприятии «Совхоз «Рачковичи»* сорт Скарб, элита, имел 44 % растений с мозаичным закручиванием, 52 – со скручиванием и 4 % – с полосчатой мозаикой. На сорте Нара, суперэлита, обнаружено 40 % растений с мозаичным закручиванием и 4 % – с полосчатой мозаикой.

В *частном секторе № 1* у 40 % растений выявлено мозаичное закручивание и у 20 % – скручивание.

В *частном секторе № 2* у 48 % растений выявлено мозаичное закручивание, у 40 – обыкновенная мозаика и у 4 % – полосчатая мозаика.

В **Копыльском районе** обследованы поля ОАО «Старица-Агро», ОАО «Семежево», частного сектора.

В *ОАО «Старица-Агро»* на сорте Королева Анна, элита, выявлено 80 % растений с мозаичным закручиванием и 20 % – со скручиванием. На сорте Манифест, суперэлита, 28 % растений имели мозаичное закручивание. На сорте Скарб, суперэлита, обнаружено 60 % растений со скручиванием и 12 % – с мозаичным закручиванием.

В *ОАО «Семежево»* на сорте Скарб, 3-я репродукция, выявлено 40 % растений с мозаичным закручиванием, 44 – со скручиванием и 8 % – с крапчатостью.

В *частном секторе № 1* у 48 % растений выявлено скручивание, у 20 – мозаичное закручивание, у 16 % – обыкновенная мозаика.

В *частном секторе № 2* по 28 % растений имели обыкновенную мозаику, скручивание и мозаичное закручивание, 4 % – крапчатость.

В *частном секторе № 3* у 92 % растений выявлено скручивание и по 4 % имели мозаичное закручивание и крапчатость.

По результатам ИФА установлено, что наибольшее распространение в Минской области имеют вирусы S, M и Y – 37, 32 и 31 % соответственно. Поражение посадок картофеля вирусами X, A, L было на уровне 11, 7 и 2 % соответственно (табл.).

Максимальное количество пораженных вирусами Y и S посадок картофеля выявлено в Слуцком районе (62 и 54 % соответственно), вирусом M – в Пуховичском (43), X – в Молодечненском (24), L – в Копыльском (13) и вирусом A – в Молодечненском районе (21 %).

**РАЗДЕЛ 5. СЕМЕНОВОДСТВО КАРТОФЕЛЯ**

Таблица – Распространенность вирусов в посадках картофеля Минской области, ИФА-метод, 2020 г.

Хозяйства, сорта, репродукция	Поражено вирусами растений, %					
	X	Y	S	M	L	A
<b>Пуховичский район</b>						
РСДУП «Экспериментальная база «Зазерье» – Вектар, 2-я репродукция	0	0	38	6	30	0
ЧСУП «Дукора-Агро»:						
Опал, элита	0	50	70	0	0	20
Бриз, элита	0	30	70	10	0	30
Вектар, элита	0	0	0	20	0	0
Частный сектор:						
№ 1	72	0	76	44	0	32
№ 2	24	12	48	92	0	24
№ 3	0	3	24	76	0	16
<b>Итого по району</b>	<b>17</b>	<b>17</b>	<b>44</b>	<b>43</b>	<b>0</b>	<b>17</b>
<b>Молодечненский район</b>						
ОАО «Восход-Агро» – Бриз, 3-я репродукция	4	16	40	60	0	12
К(Ф)Х «Пакуша»:						
Вега, 1-я репродукция	0	10	20	40	0	10
Ривьера, 1-я репродукция	0	0	0	0	0	0
Кроне, 1-я репродукция	0	20	60	10	0	20
Палац, 1-я репродукция	40	0	20	10	0	10
Першацвет, элита	0	0	60	30	0	0
Иноватор, 1-я репродукция	0	0	10	10	0	0
К(Ф)Х «Лосевича»:						
Гала, 2-я репродукция	60	92	36	36	0	60
Ред Скарлетт, 3-я репродукция	0	68	8	28	0	20
Вега, 2-я репродукция	0	0	0	30	0	0
Частный сектор:						
№ 1	24	16	88	56	0	8
№ 2	88	4	40	48	0	36
<b>Итого по району</b>	<b>24</b>	<b>27</b>	<b>36</b>	<b>35</b>	<b>0</b>	<b>21</b>
<b>Минский район</b>						
ОАО «Щомыслица»:						
Бриз, суперэлита	4	0	0	12	4	0
Скарб, суперэлита	0	8	28	24	0	0
УП «Агрокомбинат «Ждановичи» – Скарб», 2-я репродукция	0	72	96	52	0	8
Государственное предприятие «Восход»:						
Манифест, суперэлита	0	0	0	0	0	0
Бриз, 1-я репродукция	0	0	0	0	0	0
Частный сектор:						
№ 1	0	46	6	0	0	0
№ 2	0	0	0	0	0	0
<b>Итого по району</b>	<b>0,7</b>	<b>20</b>	<b>24</b>	<b>20</b>	<b>0</b>	<b>1</b>
<b>Любанский район</b>						
КСУП «Экспериментальная база «Любанская» – Журавинка, 2-я репродукция	0	28	48	0	0	0
ОАО «Осовец-Агро»:						
Уладар, 4-я репродукция	0	0	20	40	0	0
Бриз, 4-я репродукция	0	30	50	20	0	0

РАЗДЕЛ 5. СЕМЕНОВОДСТВО КАРТОФЕЛЯ

Окончание таблицы

Хозяйства, сорта, репродукция	Поражено вирусами растений, %					
	X	Y	S	M	L	A
Манифест, элита	0	0	10	0	0	0
Вектар, 3-я репродукция	0	0	60	30	0	0
Сельскохозяйственное управление «Загальский» ОАО «Мапид» – Скарб, 3-я репродукция	4	4	24	24	0	0
Частный сектор:						
№ 1	4	24	32	36	0	0
№ 2	28	20	20	84	8	0
<b>Итого по району</b>	<b>7</b>	<b>17</b>	<b>33</b>	<b>31</b>	<b>2</b>	<b>0</b>
<b>Слуцкий район</b>						
ПСХ «Наша нива» ОАО «Слуцкий мясокомбинат» – Скарб, 3-я репродукция	4	36	84	52	0	0
Государственное предприятие «Совхоз «Рачковичи»: Скарб, элита	0	88	92	8	0	0
Нара, суперэлита	0	4	16	8	0	0
СПК «Агрофирма «Лучники»: Скарб, элита	0	92	100	38	0	0
Вектар, элита	14	6	86	6	0	0
Частный сектор:						
№ 1	20	16	0	56	0	0
№ 2	16	40	36	48	4	0
<b>Итого по району</b>	<b>8</b>	<b>62</b>	<b>54</b>	<b>36</b>	<b>0,6</b>	<b>0</b>
<b>Копыльский район</b>						
ОАО «Семежево» – Скарб, 3-я репродукция	0	48	96	8	0	0
ОАО «Старица-Агро»: Королева Анна, элита	0	0	20	0	14	0
Манифест, суперэлита	0	0	0	0	0	0
Скарб, суперэлита	0	73	20	40	0	0
Частный сектор:						
№ 1	16	0	0	56	0	0
№ 2	16	40	36	48	0	0
№ 3	0	84	80	40	76	0
<b>Итого по району</b>	<b>5</b>	<b>37</b>	<b>38</b>	<b>32</b>	<b>13</b>	<b>0</b>
<b>Итого по области</b>	<b>11</b>	<b>31</b>	<b>37</b>	<b>32</b>	<b>2</b>	<b>7</b>

Наиболее благоприятная вирусологическая ситуация на картофеле наблюдается в Минском районе. Наибольшее количество пораженных вирусами растений отмечено в Слуцком районе.

В разрезе хозяйств наиболее благоприятная обстановка для ведения элитного семеноводства картофеля выявлена: в Пуховичском районе – РСДУП «Экспериментальная база «Зазерье», в Молодечненском – К(Ф)Х «Пакуша», в Минском – Государственное предприятие «Восход», в Любанском районе – Сельскохозяйственное управление «Загальский» ОАО «Мапид».

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Маршрутные обследования посадок картофеля в Минской области и проведенный ИФА-анализ показали, что наибольшее распространение в Минской области имеют вирусы S, M и Y – 37, 32 и 31 % соответственно. Поражение посадок картофеля вирусом X было на уровне 11 %, A – 7, L – 2 %.

Максимальное количество пораженных вирусами Y и S посадок картофеля выявлено в Слуцком районе (62 и 54 % соответственно), вирусом M – в Пуховичском (43), X – в Молодечненском (24), L – в Копыльском (13) и вирусом A – в Молодечненском районе (21 %).

Относительно благоприятная вирусологическая ситуация на картофеле наблюдается в Минском районе. Наибольшее количество растений, пораженных вирусами, отмечено в Слуцком районе.

В разрезе хозяйств наиболее благоприятная обстановка для ведения элитного семеноводства картофеля выявлена: в Пуховичском районе – РСДУП «Экспериментальная база «Зазерье», в Молодечненском – К(Ф)Х «Пакуша», в Минском – Государственное предприятие «Восход», в Любанском районе – Сельскохозяйственное управление «Загальский» ОАО «Мапид».

#### Список литературы

1. Блоцкая, Ж. В. Вирусные, виroidные и фитоплазменные болезни картофеля / Ж. В. Блоцкая. – Минск : Тэхналогія, 2000. – 119 с.
2. Картофель (возделывание, уборка, хранение) / Д. Шпаар [и др.]. – 3-е изд., дораб. и доп. – Торжок : ООО «Вариант», 2004. – 466 с.
3. Инструкция по использованию иммуноферментного диагностического набора для определения вирусов картофеля / Рос. с.-х. акад., НПО по картофелеводству. – Коренево, 1993. – 9 с.
4. Le Romancer, M. Biological characterization of various geographical isolates of potato virus Y inducing superficial necrosis on potato tubers / M. Le Romancer, C. Kerlan, M. Nedellec // Plant Pathology. – 1994. – Vol. 43. – P. 138–144.
5. Вайдманн, Х. Л. Новый опасный штамм вируса Y картофеля в Европе / Х. Л. Вайдманн, Д. Шпаар, Ж. В. Блоцкая // Вес. ААН Рэсп. Беларусь. – 1999. – № 1. – С. 48–51.
6. Potato diseases (diseases, pests and defects) / A. Mulder [et al.] // NIVAP. – 2005. – 280 p.

Поступила в редакцию 21.12.2020 г.

V. A. KOZLOV, N. V. RUSETSKIY, A. V. CHASHINSKIY,  
I. A. MIHALKOVICH

#### RESEARCH OF PREVALENCE AND POPULATION STRUCTURE OF POTATOES VIRAL DISEASES IN MINSK REGION

##### SUMMARY

*The research results of prevalence and population structure of viral potatoes diseases in six main potato-growing districts of Minsk region are presented. A relatively favorable virological situation on potatoes is observed in Minsk region. The largest number of plants affected by viruses was noted in Slutsk region. The most suitable for elite potatoes seed production are in Puhovichi district – Republican Agricultural Subsidiary Unitary Enterprise «Experimental Base «Zazerye», in Molodechno district – Peasant Farming «Pakusha», in Minsk district – SE «Voshod», in Lyuban district – Agricultural Administration «Zagalskiy» OJSC «Mapid».*

*Key words:* potatoes, variety, viral diseases, reproduction, EIA, Minsk region, Belarus.

УДК [635.21:631.532.2]:631.81.095.337

<https://doi.org/10.47612/0134-9740-2020-28-160-166>**А. И. Попкович, В. А. Козлов, В. В. Анципович**

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук

Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»,

аг. Самохваловичи, Минский район

E-mail: semena\_bulba@tut.by

**ВЛИЯНИЕ СРОКОВ И СПОСОБОВ УДАЛЕНИЯ БОТВЫ  
НА НАКОПЛЕНИЕ ВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИИ В ПРОЦЕССЕ  
ПОЛЕВОГО РЕПРОДУЦИРОВАНИЯ СЕМЕННОГО КАРТОФЕЛЯ****РЕЗЮМЕ**

*В статье представлены результаты исследований по изучению влияния сроков и способов удаления ботвы на накопление вирусной инфекции в процессе полевого репродуцирования семенного картофеля. Установлено, что способы удаления ботвы не оказывают влияния на распространение вирусной инфекции и урожайность сортов картофеля Манифест, Янка, Вектар. Своевременное удаление ботвы при достижении 70 % семенной фракции позволяет получить высокий выход качественного семенного материала картофеля, чистого от вирусной инфекции.*

*Ключевые слова:* картофель, сроки удаления ботвы, способы удаления ботвы, вирусная инфекция, урожайность, структура урожая.

**ВВЕДЕНИЕ**

Установление оптимальных сроков удаления ботвы должно проводиться с учетом особенностей возделываемых сортов, данных о динамике распространения основных переносчиков вирусной инфекции (летающей генерации тлей) и сроков клубнеобразования в конкретных природно-климатических условиях.

Исследования, касающиеся изучения влияния сроков и способов удаления ботвы, в Беларуси относятся к концу XX столетия. Потепление климата привело к изменению распространенности и структуры популяций вирусных болезней, их штаммового состава. Значительно возросла афидофауна на картофеле. Проявились новые виды тлей – переносчиков вирусных болезней, которые раньше в посадках картофеля не встречались. Изменилась агротехника возделывания картофеля, что связано с использованием новых агрегатов, в том числе и по удалению ботвы. В производстве начали возделываться новые сорта картофеля с различной степенью устойчивости к вирусным болезням. Все эти факторы определили необходимость изучения сроков и способов удаления ботвы на картофеле в современных условиях.

Раннее удаление ботвы – высокоэффективный семеноводческий прием, способствующий получению здорового семенного материала в процессе оригинального и элитного семеноводства картофеля. Раннее удаление ботвы значительно снижает количество клубней, инфицированных вирусными болезнями в текущем году, вследствие того, что часть вирусной инфекции не успевает в них проникнуть [1].

Как известно, при первичной инфекции зараженность клубней нового урожая во многом зависит от возраста растений в момент инфицирования и времени между заражением надземной части и уничтожением ботвы [2].



Десикация – процесс высушивания ботвы под воздействием специальных препаратов – десикантов. Этот прием позволяет, с одной стороны, улучшить качество урожая (за счет формирования более крепкой кожуры), увеличить урожайность (медленное увядание способствует дополнительному росту клубней), с другой – уменьшить распространенность болезней и рост сорняков. Современные сорта картофеля имеют сильно развитую ботву, поэтому при грамотной агротехнике и надежной защите при формировании семенной фракции 70 % и более она остается зеленой и мощной. Механическое удаление ботвы не дает достаточного эффекта ускорения созревания клубней, так как в зависимости от зрелости оставшиеся стебли могут вновь начать отрастать. Как результат, клубни не могут своевременно сформировать прочную кожуру, начинается вторичный рост клубней, что приводит к болезням, которые присутствуют на ботве перед уборкой и с большой долей вероятности попадут в почву и заражат новый урожай. Десиканты позволяют ускорить созревание картофеля, сформировать более плотную кожуру, ограничить распространение болезней на клубнях и частично подавить сорняки.

Используя десикацию, сельхозпроизводитель получает ряд преимуществ: воспроизведение естественного отмирания ботвы увеличивает урожайность картофеля; равномерное высыхание ботвы позволяет планировать сроки уборки; постепенное огрубение кожуры клубней снижает их травмируемость и заражение раневыми патогенами (например, бактериозами, фузариозом); обеспечивается дополнительный контроль болезней.

При сильно развитой ботве химическая обработка будет эффективнее, если провести ее в два приема с перерывом в несколько дней. Особенно внимательно необходимо отнестись к предотвращению повторного отрастания стеблей на семеноводческих участках. Повторно отросшая молодая ботва очень нежная и поэтому сильнее поражается тлей и цикадками, переносчиками вирусных и фитоплазменных заболеваний. Основная задача первой обработки – стимулировать начало естественного отмирания ботвы (то есть начало ее «разваливания») и сделать более доступным основание стеблей для лучшего доступа к нижней части при основной десикации. Вторая обработка проводится, когда ботва будет достаточно открытой. Приступать к уборке можно уже через 5–7 дней после второй обработки [3].

Целью исследования являлось определение влияния сроков и способов удаления ботвы на накопление вирусной инфекции в процессе полевого репродуцирования семенного картофеля.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Исследования проводили в 2017–2020 гг. на опытном поле отдела семеноводства картофеля РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству».

Для получения качественного семенного материала картофель возделывался на средних суглинках, подстилаемых моренным суглинком, способных достаточно хорошо удерживать влагу, имеющих меньшую амплитуду колебаний температуры в дневные и ночные часы. Почва опытного участка дерново-подзолистая среднесуглинистая, характеризующаяся следующими показателями: содержание гумуса 2,6 %, фосфора – 188,0–229,0 мг/кг почвы, калия – 299,0–332,0 мг/кг почвы, рН – 5,78. Предшественник – озимый рапс на семена. Норма внесения минеральных удобрений на 1 га составляла  $N_{70}P_{80}K_{120}$ .

Предпосевная обработка почвы включала культивацию, чизелевание на глубину 18 см в два следа, нарезку борозд. Посадка картофеля произведена 10 мая. До появления всходов проводили два рыхления междурядий АК-2,8, после чего вносили почвенные гербициды. Выполнено четыре обработки против фитофтороза: одна – системно-контактными

фунгицидами и три – контактными, две из них были совмещены с инсектицидными обработками против колорадского жука. Первое механическое и химическое удаление ботвы начинали проводить при образовании 70 % семенной фракции. Последующие удаления проводили через 10 и 20 дней после первого. Уборка картофеля по вариантам проведена с 3 по 5 сентября.

Объектами исследований являлись сорта картофеля среднеранней группы спелости – Манифест, среднеспелой – Янка, среднепоздней – Вектар. Сорта картофеля Манифест и Янка обладают высокой устойчивостью к вирусам X, Y, L и средней устойчивостью к вирусу M. Сорт Янка менее устойчив к вирусу S, чем сорт Манифест. Сорт Вектар высокоустойчив к вирусам X, M, Y и среднеустойчив к вирусам S и L.

Для объективной оценки накопления вирусной инфекции по годам репродукции в 2017 г. семенные клубни отбирали из питомника предварительного размножения, которые соответствовали требованиям нормативных документов по семеноводству для данной категории семян.

Повторность опыта четырехкратная, делянка четырехрядковая по 30 клубней в рядке, площадь опытной делянки 25 м<sup>2</sup>, размещение делянок рендомизированное.

В схему опыта были включены следующие варианты:

1. Контроль – без удаления.
2. Механическое удаление ботвы:
  - 2.1. При образовании 70 % семенной фракции;
  - 2.2. Через 10 дней после первого удаления ботвы;
  - 2.3. Через 20 дней после первого удаления ботвы.
3. Химическое удаление ботвы:
  - 3.1. При образовании 70 % семенной фракции;
  - 3.2. Через 10 дней после первого удаления ботвы;
  - 3.3. Через 20 дней после первого удаления ботвы.

Учет больных растений методом ИФА проводили в фазу бутонизации – начала цветения согласно инструкции НПО по картофелеводству [4]. Качество семенного материала определяли в соответствии с постановлением Минсельхозпрода от 29 октября 2015 г. № 37 «Об установлении требований к сортовым качествам семян сельскохозяйственных растений» (изменения от 04.10.2017 г. № 49). Листовой материал отбирали со среднего яруса куста, каждый образец изолировали в отдельный пакет. Отобранный материал передавали для тестирования в лабораторию иммунодиагностики картофеля НПЦ НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству.

Удаление ботвы проводили механическим (ботвоудалитель БУ-4) и химическим (препарат Реглон, 2,0 л/га) способами, в три срока с интервалом в 10 дней. Сроки первого удаления ботвы устанавливали при образовании 70 % семенной фракции картофеля. У сорта Манифест первое удаление в зависимости от года исследования проводили 20 июля, у сортов Янка и Вектар – 27 июля.

Статистическую обработку полученных результатов осуществляли согласно Методике полевого опыта [5].

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для определения влияния сроков и способов удаления ботвы на накопление вирусной инфекции в процессе полевого репродукции семенного картофеля были проведены механическое и химическое удаление ботвы согласно схеме опыта.

Анализ данных в разрезе сортов за период исследований показал, что распространенность вирусной инфекции на растениях сорта Манифест в варианте с механическим

**РАЗДЕЛ 5. СЕМЕНОВОДСТВО КАРТОФЕЛЯ**

и химическим удалением ботвы через 20 дней после первого удаления выросла при полевом репродуцировании с 2,5 до 15,0 % и с 2,5 до 17,5 % соответственно. У сорта Янка в аналогичных вариантах наблюдалась такая же тенденция возрастания вирусной инфекции: при механическом удалении – с 2,5 до 15,0 %, при химическом – с 5,0 до 17,5 %. У сорта Вектар количество больных растений в варианте с механическим удалением ботвы через 20 дней после первого составило до 15,0 %, а с химическим удалением в идентичном варианте возросло за годы исследований с 2,5 до 20,0 %. В вариантах с удалением ботвы при образовании 70 % семенной фракции в процессе репродуцирования растений изучаемых сортов, инфицированных вирусами в скрытой форме, обнаружено не было (табл. 1).

В целом за 2017–2020 гг. установлено, что независимо от сорта в контрольном варианте количество инфицированных растений возросло с 2,5 до 20,0 %. Полученный результат указывает на то, что без проведения специализированных мероприятий по защите растений к концу полевого репродуцирования семенной картофеля этапа размножения элита имеет высокую степень пораженности вирусной инфекцией. Второе и третье

Таблица 1 – Степень поражения растений картофеля вирусной инфекцией в скрытой форме в зависимости от сроков и способов удаления ботвы, ИФА, 2017–2020 гг.

Вариант	Количество пораженных растений, %			
	2017 г., супер-суперэлита	2018 г., суперэлита	2019 г., элита	2020 г., первая репродукция
<b>Манифест</b>				
Контроль – без удаления	2,5	7,5	12,5	20,0
Первое механическое удаление при 70 % семенной фракции	0	0	0	0
через 10 дней после первого	0	0	2,5	5,0
через 20 дней после первого	2,5	5,0	5,0	15,0
Первое химическое удаление при 70 % семенной фракции	0	0	0	0
через 10 дней после первого	0	2,5	5,0	7,5
через 20 дней после первого	0	5,0	12,5	17,5
<b>Янка</b>				
Контроль – без удаления	2,5	5,0	12,5	20,0
Первое механическое удаление при 70 % семенной фракции	0	0	0	0
через 10 дней после первого	2,5	2,5	5,0	7,5
через 20 дней после первого	2,5	5,0	10,0	15,0
Первое химическое удаление при 70 % семенной фракции	0	0	0	0
через 10 дней после первого	2,5	7,5	10,0	15,0
через 20 дней после первого	5,0	7,5	12,5	17,5
<b>Вектар</b>				
Контроль – без удаления	5,0	5,0	7,5	17,5
Первое механическое удаление при 70 % семенной фракции	0	0	0	0
через 10 дней после первого	0	5,0	7,5	10,0
через 20 дней после первого	2,5	5,0	10,0	15,0
Первое химическое удаление при 70 % семенной фракции	0	0	0	0
через 10 дней после первого	2,5	5,0	7,5	12,5
через 20 дней после первого	2,5	7,5	12,5	20,0

**РАЗДЕЛ 5. СЕМЕНОВОДСТВО КАРТОФЕЛЯ**

химическое и механическое удаление ботвы снижает пораженность вирусной инфекцией растений картофеля до 17,5 %, но при этом уровень инфицирования остается достаточно высоким. Количество растений, содержащих вирусы, в вариантах с ранним удалением ботвы при образовании 70 % семенной фракции не изменялось в течение четырех лет наблюдений. Это указывает на то, что несмотря на изменение фитопатологических и погодных условий, данное мероприятие сдерживает распространение вирусной инфекции, что позволяет получать посадочный материал с низким уровнем вирусной инфекции.

По результатам проведенных исследований можно сделать вывод, что раннее удаление ботвы при достижении 70 % семенной фракции за период наблюдений позволяет получать наиболее здоровый посадочный материал картофеля.

Урожайность картофеля в контрольном варианте за период исследований независимо от сорта составила 43,9–46,0 т/га, в варианте с механическим и химическим удалением ботвы при образовании 70 % семенной фракции – 40,2–41,6 т/га. При удалении ботвы через 10 и 20 дней после первого урожая урожайность возросла до 42,0–43,4 и 43,2–45,7 т/га соответственно. Анализ данных в разрезе сортов показал, что раннее удаление ботвы закономерно привело к снижению урожая. При механическом удалении ботвы у сорта Манифест урожай снизился на 12,6 %, у сорта Янка – на 7,8, у сорта Вектар – на 9,8 % по отношению к контролю. При химическом удалении урожайность снизилась по отношению к контрольному варианту на 11,1 % у сорта Манифест, на 9,8 – у сорта Янка и на 7,8 % у сорта Вектар (табл. 2).

Таблица 2 – Урожайность и структура урожая картофеля в зависимости от сроков и способов удаления ботвы, среднее за 2017–2020 гг.

Вариант	Урожайность, т/га	Выход семенной фракции 30–60 мм, %
<b>Манифест</b>		
Контроль – без удаления	46,0	63,9
Первое механическое удаление при 70 % семенной фракции	40,2	70,7
через 10 дней после первого	43,4	68,1
через 20 дней после первого	45,7	65,9
Первое химическое удаление при 70 % семенной фракции	40,9	70,9
через 10 дней после первого	43,4	67,5
через 20 дней после первого	45,7	66,1
<b>Янка</b>		
Контроль – без удаления	43,9	64,7
Первое механическое удаление при 70 % семенной фракции	40,4	70,6
через 10 дней после первого	42,6	68,0
через 20 дней после первого	43,2	66,9
Первое химическое удаление при 70 % семенной фракции	39,6	70,4
через 10 дней после первого	42,0	68,4
через 20 дней после первого	43,3	65,5
<b>Вектар</b>		
Контроль – без удаления	45,1	64,8
Первое механическое удаление при 70 % семенной фракции	40,6	70,5
через 10 дней после первого	42,1	68,3
через 20 дней после первого	44,1	66,4
Первое химическое удаление при 70 % семенной фракции	41,6	70,6
через 10 дней после первого	43,1	68,9
через 20 дней после первого	45,0	66,5

## РАЗДЕЛ 5. СЕМЕНОВОДСТВО КАРТОФЕЛЯ

Одним из показателей эффективности семеноводства картофеля является выход семенной фракции и соответствие семенных клубней требованиям к качеству согласно нормативным документам. Раннее удаление ботвы обеспечивает получение доли семенных клубней, превышающей контрольный вариант на 5,7–7,0 %. Следует отметить, что образование 70 % семенной фракции – это основной параметр в семеноводстве картофеля. Удаление ботвы на более поздних сроках независимо от способа приводило к снижению семенной фракции и увеличению количества клубней мелкой и крупной фракции. В вариантах со вторым и третьим механическим удалением выход семенной фракции по отношению к первому удалению ботвы снизился у сорта Манифест на 2,6–4,8 %, Янка – на 2,6–3,7 %, Вектар – на 2,2–4,1 %. В аналогичных вариантах с химическим удалением процент выхода фракции 30–60 мм по отношению к первому удалению ботвы снизился: Манифест – на 3,4–4,8 %, Янка – на 2,0–4,9 %, Вектар – на 1,7–4,1 %.

Помимо доли семенных клубней в структуре урожая, важное значение имеет процент клубней, соответствующих требованиям нормативных документов к качеству семенного картофеля, регламентирующих количество растений (клубней), пораженных вирусной инфекцией. Анализ полученных результатов показал, что вирусная инфекция получила распространение на всех вариантах, кроме первого удаления ботвы при образовании 70 % семенной фракции. Наибольшее накопление вирусной инфекции в процессе полевого репродуктивного цикла было отмечено в вариантах с третьим удалением ботвы и контроле – до 20,0 % (рис.).

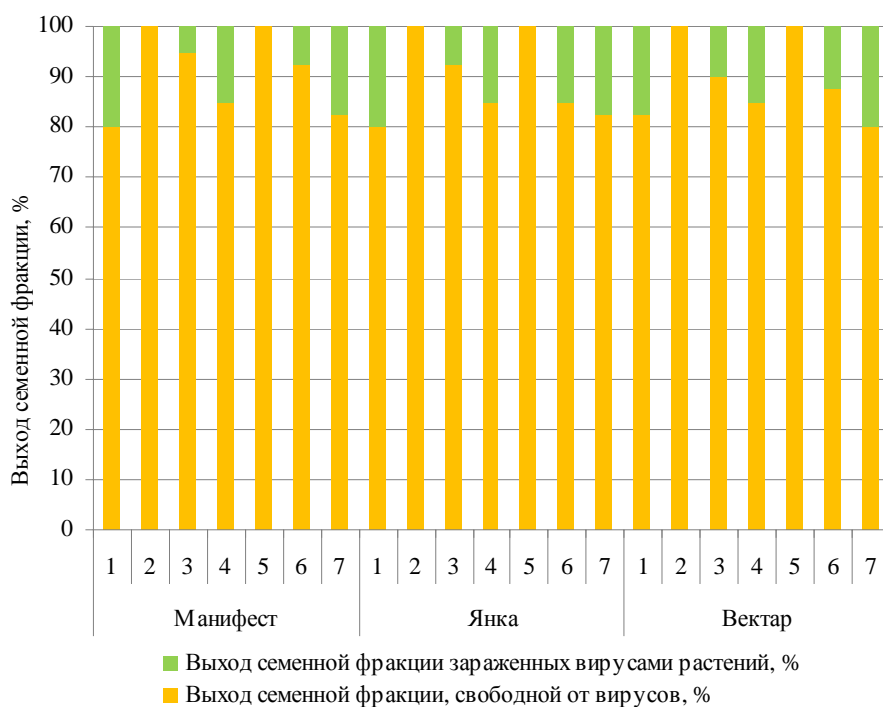


Рисунок – Соответствие семенного картофеля требованиям нормативных документов в зависимости от сроков и способов удаления ботвы, 2017–2020 гг.:

- 1 – контроль; 2 – первое механическое удаление при 70 % семенной фракции;
- 3 – через 10 дней после первого; 4 – через 20 дней после первого;
- 5 – первое химическое удаление при 70 % семенной фракции;
- 6 – через 10 дней после первого; 7 – через 20 дней после первого

Раннее удаление ботвы значительно снизило урожайность картофеля в изучаемых вариантах по отношению к контролю, однако при этом позволило получить здоровый посадочный материал картофеля, отвечающий требованиям нормативных документов.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что несмотря на некоторое снижение урожайности при раннем удалении ботвы, данное мероприятие позволяет получить высокий выход семенной фракции, которая свободна от вирусной инфекции. Более позднее удаление ботвы снижает долю семенных клубней, при этом возникает необходимость выбраковки партий картофеля в связи с распространением вирусных болезней.

Способы удаления ботвы не оказывали влияния на выход семенной фракции и поражение вирусными болезнями.

### **Список литературы**

1. Амелюшкина, Т. А. Влияние сроков удаления ботвы и защитных мероприятий на качество семенного материала картофеля / Т. А. Амелюшкина, П. С. Семешкина, Б. В. Анисимов // Картофелеводство : сб. науч. тр. ВНИИКХ Россельхозакадемии. – М., 2008. – Т. 1. – С. 369–376.

2. Замалиева, Ф. Ф. Биологическое обоснование защиты от заражения вирусами оздоровленного семенного картофеля в Республике Татарстан [Электронный ресурс] / Ф. Ф. Замалиева. – Режим доступа: <https://famous-scientists.ru/list/2078>. – Дата доступа: 20.10.2020.

3. Банадысев, С. А. Особенности применения современных технологий возделывания картофеля / С. А. Банадысев, М. И. Юхневич // Науч. тр. БелНИИК. – Минск, 2000. – Вып. 10. – С. 230–240.

4. Инструкция по использованию иммуноферментного диагностического набора для определения вирусов картофеля / Рос. с.-х. акад., НПО по картофелеводству. – Коренево, 1993. – 9 с.

5. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – 5-е изд., доп. и перераб. – М. : Колос, 1985. – 351 с.

Поступила в редакцию 18.01.2021 г.

A. I. POPKOVICH, V. A. KOZLOV, V. V. ANTSIPOVICH

### **EFFECT OF TIME AND METHODS OF HERBAGE REMOVAL ON VIRAL INFECTION ACCUMULATION DURING FIELD REPRODUCTION OF SEED POTATOES**

#### **SUMMARY**

*The research results on the effect of herbage removal time and methods on the accumulation of viral infection during field reproduction of seed potatoes are presented in the article. It has been established that methods of herbage removal do not affect the spread of viral infection and the yield of potatoes varieties Manifest, Yanka, Vector. Timely herbage removal when reaching 70 % of the seed fraction allows to obtain a high yield of quality seed material of potatoes pure from viral infection.*

*Key words:* potatoes, herbage removal terms, herbage removal methods, virus infection, yield, structure of yield.

УДК 635.21:631.356.4

<https://doi.org/10.47612/0134-9740-2020-28-167-173>**Ю. Н. Федорова, Л. Н. Федорова, М. И. Зайцева**

ФГБОУ ВО «Великолукская государственная сельскохозяйственная академия», г. Великие Луки, Псковская область, Россия

E-mail: nauka@vgsa.ru

**ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ АСПАРАГИНОВОЙ КИСЛОТЫ НА ПОЛУЧЕНИЕ МИНИ-КЛУБНЕЙ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ В УСЛОВИЯХ АЭРОПОНИКИ И В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ****РЕЗЮМЕ**

В статье приведены результаты исследований по влиянию аспарагиновой кислоты на урожай клубней картофеля в условиях аэропоники и в условиях *in vivo*. В результате установлено, что для получения максимального урожая клубней картофеля в аэропонике необходимо использовать опрыскивание вегетирующих растений картофеля аспарагиновой кислотой в концентрации 10 мг/л, а в условиях *in vivo* применение биостимулятора в концентрации 10–15 мг/л значительно повлияло на биометрические показатели, а также на увеличение массы и количества товарных клубней.

*Ключевые слова:* картофель, аэропоника, аспарагиновая кислота, сорт, *in vivo*, урожайность.

**ВВЕДЕНИЕ**

Современные инновации в системе клонального микроразмножения меристемного материала и новые технологические решения позволили существенно усовершенствовать способы выращивания мини-клубней в условиях вегетационных сооружений различных типов и конструкций [4].

Аэропонный метод получения мини-клубней является альтернативным традиционному и позволяет максимально ускорить процесс получения семян путем сокращения схемы семеноводства, которая у картофеля одна из самых длительных среди всех сельскохозяйственных культур [3]. Выращивание растений в аэропонных установках позволяет плавно переходить из условий *in vitro* к культивированию в условиях *in vivo*, при этом повышается приживаемость растений до 100 % [5].

Содержание питательных элементов, тепло- и водообеспеченность значительно влияют на рост и развитие растений картофеля. Формирование урожая – процесс не только количественный, но и качественный. Урожайность картофеля – один из главных показателей хозяйственной ценности сорта. Это комплексный признак, проявление которого зависит от генотипических особенностей сорта и условий среды произрастания. Современные сорта картофеля имеют высокую потенциальную урожайность, но они обладают как положительными, так и отрицательными свойствами, проявляющимися в разные годы по-разному [1].

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА**

Объектом исследований служили аспарагиновая кислота в концентрации 5, 10, 15 мг/л, сорта картофеля среднеспелой группы спелости Евразия, Сивирский, Гусар, Майский цветок.

*1. Пересадка растений в аэропонику.*

Опыты проводились в 2020 г. в лаборатории микрклонального размножения Великолукской государственной сельскохозяйственной академии, материалом исследований служили микрорастения картофеля, оздоровленные методом апикальной меристемы в сочетании с термо- и химиотерапией. Их высаживали в аэропонную установку в количестве 32 шт. и проводили сравнительный анализ количественного выхода мини-клубней. Клубни снимали вручную после достижения ими 20–30 мм в диаметре через каждые 7 дней в утренние часы.

Схема опрыскивания аспарагиновой кислотой микрорастения в аэропонной установке:

- а. MS + Контроль;
- б. L-аспарагиновая кислота 5 мг/л;
- в. L-аспарагиновая кислота 10 мг/л;
- г. L-аспарагиновая кислота 15 мг/л.

*2. Полевые опыты.*

Повторность четырехкратная, учетная площадь делянки – 1,54 м<sup>2</sup>. Схема посадки картофеля: 75×30 см. Расположение делянок – систематическое. Посадку клубней проводили в первой-второй декаде мая.

Обработку почвы осуществляли осенью – зяблевая вспашка, весной – фрезерование и нарезка гребней. Уход заключался в одной междурядной обработке, окучивании, опрыскивании против вредителей и болезней: Зенкор + Боксер, Танос, Зуммер, Реглон.

Уборку проводили вручную. Урожай учитывали поделаячно. Полученные данные обрабатывали статистически.

В течение вегетационного периода изучаемых сортов, который длился примерно одинаково у всех 98–105 дней, осуществлялся комплекс мероприятий согласно схеме опыта. Некорневые подкормки проводили аспарагиновой кислотой разной концентрации два раза: первая при высоте растений 10–15 см, вторая – бутонизация – начало цветения.

Схема опрыскивания аспарагиновой кислотой мини-клубней в условиях *in vivo*:

- а. MS + Контроль;
- б. L-аспарагиновая кислота 5 мг/л;
- в. L-аспарагиновая кислота 10 мг/л;
- г. L-аспарагиновая кислота 15 мг/л.

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Данные исследований показали, что на стандартных питательных растворах проявились особенности каждого сорта при формировании количества и массы клубней на одном растении. Все изучаемые сорта имели высокий коэффициент размножения, среднее число стандартных мини-клубней в расчете на растение составило от 48 до 59 шт. В расчет брали клубни фракции 10–35 мм. Наибольшее количество клубней на одно растение было отмечено у раннеспелого сорта Сивирский – 59 шт., меньше всего сформировалось у сорта Евразия – 48 шт.

Общее количество собранных мини-клубней у изучаемых сортов составило: Сивирский – 1 902 шт., Майский цветок – 1 738, Евразия и Гусар – 1 521 и 1 645 шт. соответственно.

Наиболее оптимальной для дальнейшего выращивания мини-клубней является фракция 20–30 мм. У сортов Сивирский она составила 72,3 %, Евразия – 74,9, Гусар – 70,4 и Майский цветок – 69,6 %. Количество мини-клубней более крупной фракции от



**РАЗДЕЛ 5. СЕМЕНОВОДСТВО КАРТОФЕЛЯ**

30 мм у сортов Сивирский составило 7,8 %, Евразия – 5,3, Гусар – 5,1 %. Наибольшее количество мини-клубней фракции 10–20 мм было у сортов Гусар – 24,5 %, Сивирский – 19,9, Евразия – 19,8 %.

В результате проведенных исследований при выращивании меристемного материала картофеля в аэропонной установке на стандартной питательной среде наибольший количественный выход мини-клубней был получен у сорта Сивирский – 1 902 шт. с 32 растений, то есть 59 шт. на одно растение. Полученные данные говорят о высокой потенциальной урожайности данного сорта и о возможности получения в дальнейшем урожая с хорошими товарными качествами в полевых условиях.

На следующем этапе изучения качественного выхода мини-клубней в условиях аэропоники мы использовали росторегулирующие вещества. Для увеличения выхода стандартной семенной фракции и повышения качества семян картофеля могут служить обработки вегетирующих растений микроэлементами и регуляторами роста. Для получения максимального результата мы использовали оздоровленные пробирочные растения картофеля, которые были высажены в аэропонную установку.

В результате учетов при выращивании мини-клубней в аэропонной культуре получены данные, представленные в таблице 1. Положительное действие аспарагиновой кислоты отмечается во всех вариантах, но наибольшее количество клубней по сравнению с контрольным вариантом было получено в вариантах при обработке кислотой в концентрации 10 мг/л. У сортов Евразия прибавка составила 114 %, Сивирский – 134, Гусар – 120 и Майский цветок – 121 %.

Таблица 1 – Продуктивность растений и структура урожая картофеля при опрыскивании аспарагиновой кислотой

Вариант	Всего клубней, шт.	Прибавка, %	Количество клубней по фракциям, шт.		
			≥ 20 мм	20–30 мм	≤ 30 мм
<b>Евразия</b>					
Контроль	1 521	100	301	1 139	81
Аспарагиновая кислота, мг/л:					
5	1 603	105	253	1 256	94
10	1 735	114	290	1 360	85
15	1 697	112	325	1 294	78
<b>Сивирский</b>					
Контроль	1 902	100	380	1 373	149
Аспарагиновая кислота, мг/л:					
5	2 010	106	397	1 489	124
10	2 543	134	473	1 893	177
15	2 401	126	354	1 864	183
<b>Гусар</b>					
Контроль	1 645	100	404	1 157	84
Аспарагиновая кислота, мг/л:					
5	1 708	104	395	1 223	90
10	1 974	120	387	1 492	95
15	1 942	118	375	1 460	107
<b>Майский цветок</b>					
Контроль	1 738	100	433	1 209	96
Аспарагиновая кислота, мг/л:					
5	1 781	102	457	1 207	117
10	2 107	121	376	1 577	154
15	2 094	120	468	1 496	130

## РАЗДЕЛ 5. СЕМЕНОВОДСТВО КАРТОФЕЛЯ

Максимальное количество клубней было образовано у сорта Сивирский – 2 543 шт. с 32 растений картофеля. На основе анализа структуры урожая клубней выявлено, что количественный выход мини-клубней оптимального размера от 20–30 мм в диаметре был получен при использовании аспарагиновой кислоты в концентрации 10 мг/л.

Для формирования высоких урожаев клубней картофеля важно присутствие достаточного количества элементов питания в нужном для растений количестве. Для достижения максимальной биологической и хозяйственной эффективности производства картофеля особое значение приобретают полифункциональные химические препараты, сочетающие питательные, защитные и регуляторные свойства. Среди таких препаратов аспарагиновая кислота и ее составляющее – аспарагин просто необходимый растениям для синтеза всех без исключения белковых соединений [2].

По итогам работы была выделена группа сортов, различных по продолжительности периода вегетации (рис. 1).

При изучении биометрических показателей растений картофеля, представленных в таблице 2, видно, что при обработке аспарагиновой кислотой практически все растения были выше, чем в варианте без обработки. По высоте стеблей максимальные показатели были отмечены у сортов Евразия – 75,5 см, Сивирский – 74,8 и Гусар – 75,6 см в варианте с опрыскиванием кислотой в концентрации 10 мг/л. По числу стеблей растения практически не отличались во всех вариантах.

По ассимиляционной поверхности листьев можно сказать, что аспарагиновая кислота оказала положительное действие во всех изучаемых вариантах, лучшие показатели отмечены у сортов Сивирский – 773 м<sup>2</sup>/куст и Гусар – 743 м<sup>2</sup>/куст в варианте с опрыскиванием кислотой в концентрации 10 мг/л.

По накоплению массы ботвы выделился сорт Сивирский – 840 г/растение при концентрации 10 мг/л, у него же были максимальные показатели во всех вариантах. У остальных сортов положительная динамика также наблюдалась при обработке растений.

Анализ полученных данных по продуктивности картофеля в зависимости от опрыскивания аспарагиновой кислотой показал, что все варианты с ее применением способствовали увеличению его продуктивности (табл. 3).

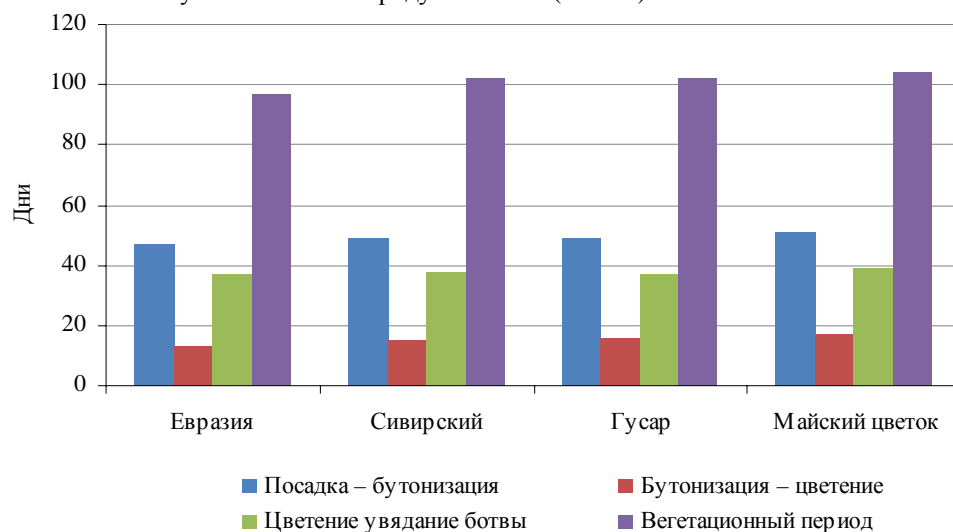


Рисунок 1 – Фенологические наблюдения и продолжительность вегетационного периода, дней

РАЗДЕЛ 5. СЕМЕНОВОДСТВО КАРТОФЕЛЯ

Таблица 2 – Биометрические показатели картофеля в зависимости от обработки аспарагиновой кислотой в условиях *in vivo*

Вариант	Число стеблей на 1 куст, шт.	Высота стеблей, см	Ассимиляционная поверхность листьев, м <sup>2</sup> /куст	Масса ботвы, г/растение
Евразия				
Контроль	4,6	66,2	650	695
Аспарагиновая кислота, мг/л:				
5	4,4	72,4	702	743
10	4,6	75,5	717	748
15	4,4	71,5	724	764
Сивирский				
Контроль	4,2	70,2	741	814
Аспарагиновая кислота, мг/л:				
5	4,5	73,5	754	795
10	4,4	74,8	773	840
15	4,4	70,5	756	798
Гусар				
Контроль	4,3	68,5	721	703
Аспарагиновая кислота, мг/л:				
5	4,7	73,7	693	724
10	4,6	75,6	743	739
15	4,5	74,2	739	726
Майский цветок				
Контроль	4,0	60,4	568	621
Аспарагиновая кислота, мг/л:				
5	4,0	62,1	581	658
10	4,1	64,6	573	703
15	4,3	59,5	578	693

Наибольшее количество клубней было сформировано у сорта Сивирский – 20,5 шт/растение в варианте с применением аспарагиновой кислоты в концентрации 10 мг/л, что в среднем на 3,3 шт/растение больше, чем в варианте без опрыскивания.

По массе клубней максимальные результаты отмечены в вариантах с опрыскиванием растений картофеля аспарагиновой кислотой в концентрации 10–15 мг/л, результаты были очень близкими по значениям, так, например, у сорта Евразия при концентрации 10 мг/л масса клубней равнялась 1 493 г/растение, а при 15 мг/л – 1 457 г/растение. Наибольшая масса клубней была сформирована у сорта Сивирский – 1 504 г/растение при концентрации 10 мг/л и 1 467 г/растение при 15 мг/л. Прибавка при опрыскивании аспарагиновой кислотой в концентрации 10–15 мг/л составляет 18–25 % по сравнению с вариантом без применения данного препарата.

Применение кислоты благоприятно влияло и на увеличение размера клубней. Масса одного клубня повышалась по сортам от 10 до 30 г/растение по сравнению с вариантом без опрыскивания. Наиболее крупные клубни были сформированы у сортов Сивирский – 121 г, Евразия и Майский цветок – по 93 г соответственно при обработке аспарагиновой кислотой в концентрации 10 мг/л.

**РАЗДЕЛ 5. СЕМЕНОВОДСТВО КАРТОФЕЛЯ**

Таблица 3 – Структура урожая растений картофеля в зависимости от обработки аспарагиновой кислотой в условиях *in vivo*

Вариант	Всего клубней, шт/растение	Масса клубней, г/растение	Прибавка, %	Средняя масса 1 клубня, г
<b>Евразия</b>				
Контроль	17,6	1 173	100	70
Аспарагиновая кислота, мг/л:				
5	17,8	1 214	103	75
10	18,9	1 493	110	93
15	18,5	1 457	127	79
<b>Сивирский</b>				
Контроль	17,2	1 203	100	84
Аспарагиновая кислота, мг/л:				
5	18,4	1 313	109	89
10	20,5	1 504	125	121
15	19,2	1 467	122	92
<b>Гусар</b>				
Контроль	16,5	1 146	100	71
Аспарагиновая кислота, мг/л:				
5	17,2	1 372	119	64
10	18,2	1 413	123	80
15	17,6	1 405	122	75
<b>Майский цветок</b>				
Контроль	17,1	1 172	100	82
Аспарагиновая кислота, мг/л:				
5	17,8	1 379	118	85
10	18,6	1 402	120	93
15	18,3	1 385	118	89

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Для получения максимального урожая клубней картофеля в аэропонике необходимо использовать опрыскивание вегетирующих растений аспарагиновой кислотой в концентрации 10 мг/л. Этот метод позволяет контролировать процесс выращивания, экономить ресурсы и значительно повышает коэффициент размножения семенного материала. Из проведенных исследований в условиях *in vivo* выявлено, что применение биостимулятора аспарагиновой кислоты в концентрации 10–15 мг/л значительно повлияло на число и высоту стеблей. Ассимиляционная поверхность листьев картофеля увеличилась в 1,3–1,5 раза по сравнению с вариантом без опрыскивания, а также увеличилась масса и количество товарных клубней, что особенно важно при выращивании картофеля в семеноводстве. Из изучаемых сортов выделился сорт Сивирский. Он сформировал наибольшее количество клубней.

**Список литературы**

1. Differential Growth Response and Minutuber Production of Three Potato Cultivars Under Aeroponics and Greenhouse Bed Culture / R. Tierno [et al.] // American Journal of Potato Research. – 2014. – № 91(4). – P. 346–353. DOI: 10.1007/s12230-013-9354-8.
2. Глез, В. М. Влияние регуляторов роста растений на болезнестойчивость картофеля / В. М. Глез, С. В. Васильева, М. К. Деревягина // Первая всероссийская конференция по

иммунитету растений к болезням и вредителям : науч. материалы. – СПб. : ООО «Инновационный центр защиты растений» ВИЗР, 2000. – С. 137–138.

3. Аэропонные технологии в растениеводстве / Ю. Ц. Мартиросян [и др.] // Проблемы агробиотехнологии. – М., 2012. – С. 227–240.

4. Мартиросян, Ю. Ц. Аэропонные технологии в первичном семеноводстве картофеля – перспективы и преимущества / Ю. Ц. Мартиросян // Картофелеводство : сб. науч. тр. – 2014. – С. 75–77.

5. Мартиросян, Ю. Ц. Аэропонные технологии: перспективы производства оздоровленного семенного картофеля / Ю. Ц. Мартиросян // Картофельная система. – 2014. – № 1. – С. 30–32.

Поступила в редакцию 04.12.2020 г.

YU. N. FEDOROVA, L. N. FEDOROVA, M. I. ZAYTSEVA

### **EFFECT RESEORCH OF ASPARTIC ACID ON THE PRODUCTION OF MINI-TUBERS OF PROMISING POTATOES VARIETIES IN AEROPONICS AND FIELD CONDITIONS**

#### **SUMMARY**

*The research results on the effect of aspartic acid on the crop of potatoes tubers in aeroponics and in vivo are presented in he article. As a result, it was found that in order to obtain the maximum yield of potatoes tubers in aeroponics, it is necessary to use aspartic acid spraying of vegetating potatoes plants at a concentration of 10 mg/l, and in vivo the use of a biostimulator at a concentration of 10–15 mg/l significantly affected biometric indicators, as well as an increase in the mass and number of commercial tubers.*

*Key words:* potatoes, aeroponics, aspartic acid, variety, *in vivo*, yield.

Научное издание

КАРТОФЕЛЕВОДСТВО  
СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

ТОМ 27

Основан в 1970 году

Ответственный за выпуск Л. М. Стрелецкая

Издано по заказу РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству», ул. Ковалева, 2а, аг. Самохваловичи, Минский район, Минская область, 223013, Республика Беларусь.  
Тел/факс: + 37517 506-67-79. E-mail: belbulba@belbulba.by

Подписано в печать 28.12.2020. Формат 70×100  $\frac{1}{16}$ . Бумага офсетная. Печать цифровая. Усл. печ. л. 14,14. Уч.-изд. л. 14,91. Тираж 100 экз. Заказ 32. Издатель и полиграфическое исполнение: Государственное предприятие «Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси». Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий № 1/39 от 20.09.2013. Ул. Казинца, 103, 220108, Минск.